



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA

MECÁNICA ELÉCTRICA

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE VAPOR PARA CALENTAMIENTO DE
AGUA DEL PROCESO DE PELADO DE 1500 POLLOS/ DÍA PARA
REDUCIR COSTOS DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN LA
EMPRESA INVERSIONES ARKAFA CORONADO E.I.R.L.**

**TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

AUTOR:

SILVA CORREA, JUAN JULIO

ASESOR ESPECIALISTA:

MG. ING. BENGUA SEMINARIO, JUAN CARLOS

ASESOR METODOLÓGICO:

MG. ING. LEÓN LESCANO, EWDAR JAVIER

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

GENERACIÓN, TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN

TRUJILLO – PERÚ

2017

PAGINA DEL JURADO

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE VAPOR PARA CALENTAMIENTO DE AGUA DEL PROCESO DE PELADO DE 1500 POLLOS/ DÍA PARA REDUCIR COSTOS DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN LA EMPRESA INVERSIONES ARKAFA CORONADO E.I.R.L.”

Presentada a la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo de Trujillo para su aprobación.

Aprobado por:



Ing. Luis Pulca Verastegui
Presidente



Ing. Javier León Lescano
Secretario



Ing. Juan Carlos Bengoa Seminario
Vocal

DEDICATORIA

A Dios.

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mis padres: Julio y Nancy.

Por haberme apoyado en momentos los más críticos de mi carrera académica, por sus consejos, quienes con su esfuerzo y perseverancia lograron de mí un digno profesional, pero más que nada, por su amor y comprensión.

A una persona muy especial: Milagros.

Por su apoyo incondicional en la etapa final de mis estudios, por darme la fortaleza necesaria para culminar mi carrera profesional.

A mis hijos.

Fabiana y Jean Carlo, por ser una de las razones para culminar mi carrera.

A mis familiares.

Que me han apoyado y sobre todo a los que no están conmigo, pero que desde donde están sé que me cuidan y los llevare siempre en mi corazón (Juan y Julio)

AGRADECIMIENTO

Con el mayor reconocimiento, a las autoridades y profesores de la Universidad César Vallejo de Trujillo, expreso mi profundo agradecimiento por brindarme la oportunidad de llegar a ser profesional. Prometo no defraudarlos en la tarea educativa que tendré que realizar durante el resto de mi vida.

Agradezco sinceramente a aquellas personas que compartieron sus conocimientos conmigo para hacer posible la conclusión de esta tesis, especialmente agradezco a mis asesores: Ing. Juan Carlos Bengoa Seminario y el Ing. Edward Javier León Lescano.

También un gran agradecimiento a mis tíos David Silva por hacer que me nazca el amor al rubro de metal mecánica, por sus consejos y guiarme en el sendero metal mecánico y Mercedes Rodríguez Por su apoyo y comprensión en mis decisiones de mi carrera y también en lo personal.

Agradezco a la empresa Factoría JC Industriales por la oportunidad brindada y la facilidad para realizar una carrera profesional.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo JUAN JULIO SILVA CORREA, identificado con DNI N° 42750799, egresado de la Escuela DE **INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA** de la Universidad César Vallejo, autorizo la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado **DISEÑO DE UN SISTEMA DE VAPOR PARA CALENTAMIENTO DE AGUA DEL PROCESO DE PELADO DE 1500 POLLOS/ DÍA PARA REDUCIR COSTOS DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN LA EMPRESA INVERSIONES ARKAFA CORONADO E.I.R.L.** En el Repositorio Institucional de la UCV (<http://dspace.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

Observaciones:

.....
.....
.....


FIRMA


DNI: 42750799

PRESENTACIÓN

Señores:

Miembros del Jurado; de conformidad con lo dispuesto en el reglamento de grados y títulos de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad César Vallejo, me es honroso presentar a consideración de vuestro criterio el presente trabajo titulado “DISEÑO DE UN SISTEMA DE VAPOR PARA CALENTAMIENTO DE AGUA DEL PROCESO DE PELADO DE 1500 POLLOS/ DÍA PARA REDUCIR COSTOS DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN LA EMPRESA INVERSIONES ARKAFA CORONADO E.I.R.L.” que sustentare como tesis para obtener el título de Ingeniero Mecánico Electricista, si vuestro dictamen es favorable.

Trujillo, diciembre del 2017



Juan Julio Silva Correa
DNI N° 42750799

ÍNDICE

PAGINA DEL JURADO	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	5
PRESENTACIÓN	6
ÍNDICE	7
RESUMEN.....	10
ABSTRAC	11
I. Introducción.....	12
1.1 Realidad problemática	12
1.2 Trabajos previos.....	13
1.3 Teorías relacionadas al tema	15
1.3.1 Proceso de pelado de pollo	15
1.3.2 Calculo de cargas térmicas	15
1.3.3 Calculo consumo de vapor.....	19
1.3.4 Capacidad de una caldera pirotubular (BHP)	21
1.3.5 Selección de caldera pirotubular	21
1.3.6 Dimensionamiento de tubería para transporte de vapor	24
1.3.7 Aislamiento térmico en tuberías	26
1.3.8 Calculo de consumo de combustible	28
1.3.9 Costo de combustible	30
1.3.10 Accesorios de control y medición	30
1.4 Formulación de problema	34
1.5 Justificación:	34
1.6 Hipótesis.....	35
1.7 Objetivo.....	35
1.7.1 Objetivo general:	35
1.7.2 Objetivos específicos:	35
II. Metodología	36
2.1 Diseño de investigación:	36
2.2 Variables y operacionalización.....	37

2.2.1	Variable independiente:	37
2.2.2	Variable dependiente:	37
2.3	Población - muestra	38
2.3.1	Población:	38
2.3.2	Muestra:	38
2.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	38
2.5	Validación y confiabilidad del instrumento	38
2.6	Métodos de análisis de datos	38
2.7	Aspectos éticos	38
III.	Resultados	39
3.1	Propuesta de sistema de vapor para calentamiento de agua	39
3.2	Balance de energía en planta	40
3.2.1	Determinar cargas térmicas en las ollas de operación	40
3.3	Consumo de vapor en planta	46
3.3.1	Cálculo de flujo de vapor de ingreso a las ollas de operación	46
3.3.2	Cálculo del flujo de vapor para calentar agua en las ollas de operación	46
3.4	Determinar la capacidad de la caldera en BHP	48
3.5	Selección de la caldera	48
3.6	Dimensionar tubería de transporte para vapor	49
3.6.1	Tubo de ingreso a la olla de ablandado	49
3.6.2	Tubo de ingreso a la de olla de desinfección	50
3.6.3	Dimensionamiento del colector de vapor	50
3.6.4	Tubo de ingreso al colector	51
3.7	Dimensión de aislamiento para tubería de transporte de vapor	52
3.7.1	Tramo A	52
3.7.2	Tramo B	53
3.7.3	Tramo C	54
3.7.4	Tramo D	55
3.8	Calculo del consumo de combustible con carbón de piedra	56
3.8.1	Consumo de combustible para calentar agua en las ollas de operación	56
3.8.2	Consumo de combustible para mantener las temperatura en las ollas	57
3.9	Análisis económico financiero del costo de combustible	59

3.9.1	Costo de combustible del proceso actual	59
3.10	Selección de accesorios para media de protección y control	60
3.10.1	Selección del manómetro de presión	60
3.10.2	Selección de válvulas.....	60
IV.	Discusión.....	62
V.	Conclusiones.....	64
VI.	Recomendaciones.....	66
VII.	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	67
	ANEXOS	69
	Anexo A-1.1, Diagrama de flujo del proceso actual con fuego directo	70
	Anexo A-1.2, Dimensiones de tubos (www.aceroscomerciales.com.pe).	71
	Anexo A-1.3, colector – distribución de vapor (www.spiraxsarco.com).....	73
	Anexo A-3.1, Diagrama de flujo del sistema propuesto con vapor saturado	74
	Anexo A-3.2, característelas técnicas del acero inoxidable (www.iristal.com)	75
	Anexo A-3.3, especificaciones acero inoxidable (www.iristal.com).....	76
	Anexo A-3.4, Agua saturada. Tabla de temperaturas (Cengel, y otros, 2012).....	77
	Anexo A-3.5, agua satura, tabla de presión (www.spiraxsarco.com).	78
	Anexo A-3.6, Cotización Caldero. Factoría JC Industriales E.I.R.L.	79
	Anexo A-3.7, conductividad térmica del aislante. Productos y materiales – propiedades del aislamiento térmico para rehabilitación energética.	83
	Anexo A-3.8, manómetros de presión. Catálogos Winters (www.winters.com).	84
	Anexo A-3.9, válvulas de bola de bronce Apollo (www.apollovalvules.com).....	85
	Anexo A-3.10, válvulas de compuerta y globo Apollo (www.apollovalvules.com).	86

RESUMEN

La empresa Inversiones Arkafa Coronado EIRL, ubicada en La Unión – Piura; se dedica al servicio de sacrificio y pelado de pollos, la cual distribuye al mercado para el consumo humano, contando con un proceso artesanal para calentar el agua de las ollas de operación con fuego directo que trabaja bajo el funcionamiento de una hornilla de gas, como consecuencia de este proceso artesanal tiene un alto consumo de combustible. Por tal motivo se planteó diseñar un sistema de vapor para reducir el costo de combustible.

En el proceso del pelado de 1500 pollos al día se cuenta con 08 ollas de Ø 900mm x 650mm de alto para ablandado de plumas y 06 ollas de Ø 600mm x 650mm de alto para desinfección del pollo, con temperaturas de 90°C y 60 °C respectivamente en un tiempo de 10 minutos. La cual nos permite calcular el consumo de vapor en planta siendo de 518.94 kg/h multiplicado con un factor de seguridad del 20% nos da que la capacidad de la caldera necesaria debe ser de 40 BHP.

El estudio realizado para el transporte de vapor nos da como resultados tuberías desde 3/8" de diámetro para el ingreso a las ollas de desinfección, 1/2" diámetro para las ollas de ablandado y 3" de diámetro de la salida de la caldera al manifold de vapor, siendo el manifold de 8" de diámetro; calculando el aislamiento térmico para reducir pérdidas de calor determinando 1" de espesor, material lana de vidrio. Seleccionando accesorios de control y protección para el sistema de vapor.

Con el diseño de un sistema de vapor para calentamiento de agua generado por una caldera vertical de tres pasos a carbón de piedra, se logra cumplir el objetivo principal de reducir costos de combustible teniendo un ahorro anual de S/124,415.73 Soles (PEN)

Palabras claves: vapor saturado, energética, pirotubular. Caldera, térmicas, aislamiento, carbón, dimensionamiento, balance de energía, manómetro presión, manifold – colector de vapor, sobrecalentado, recalentado.

ABSTRAC

The company Inversiones Arkafa Coronado EIRL, located in La Unión - Piura; it is dedicated to the service of sacrifice and peeling of chickens, which distributes to the market for human consumption, counting on an artisanal process to heat the water of the cooking pots with direct fire that works under the operation of a gas burner, as The consequence of this artisanal process is high fuel consumption. For this reason it was proposed to design a steam system to reduce the cost of fuel.

In the process of peeling 1500 chickens a day there are 08 pots Ø 900mm x 650mm high for softening of feathers and 06 pots Ø 600mm x 650mm high for disinfection of chicken, with temperatures of 90 ° C and 60 ° C respectively in a time of 10 minutes. Which allows us to calculate the consumption of steam in plant being of 518.94 kg / h multiplied with a factor of safety of 20% gives us that the capacity of the necessary boiler must be of 40 BHP.

The study carried out for the transport of steam results in pipes from 3/8 "in diameter for the entrance to the disinfection pots, 1/2" diameter for the softening pots and 3 "diameter of the boiler outlet to the manifold of steam, being the manifold 8 "in diameter; calculating thermal insulation to reduce heat losses by determining 1 "thick, glass wool material. Selecting control and protection accessories for the steam system.

With the design of a steam system for water heating generated by a three-step vertical coal-fired boiler, the main objective of reducing fuel costs is achieved with an annual saving of S / 124,415.73 Soles (PEN)

Keywords: saturated vapor, energetic, pirotubular. Boiler, thermal, insulation, coal, sizing, energy balance, pressure gauge, manifold - steam collector, superheated, reheated.

I. Introducción

1.1 Realidad problemática

Inversiones Arkafa Coronado EIRL, ubicada en el distrito La Unión – Piura S/N (sector bajo Piura); se dedica al servicio de sacrificio y pelado de pollos (camal de pollos), distribuyéndolo al mercado para el consumo humano.

La empresa tiene un proceso artesanal para pelar 1500 pollos por 10 horas de trabajo al día, contando con 08 ollas de Ø 900mm x 650mm de alto para ablandado de plumas y 06 ollas de Ø 600mm x 650mm de alto para desinfección del pollo, las cuales son calentadas con fuego directo por intermedio de una hornilla que trabaja bajo el funcionamiento a gas, hasta alcanzar una temperatura de 90 °C y 60°C respectivamente; consumiendo 14 balones de gas de 10 kg por día, con un costo de S/ 178,850.00 soles al año.

Para que el agua de cada olla llegue a las temperaturas adecuada, tiene una prórroga de tiempo de una hora aproximadamente; de acuerdo el agua se va ensuciando, por el sangrado del pollo, el operario hace el cambio por agua limpia agua y vuelve a esperar hasta llegar a la temperatura, este procedimiento se realiza tres veces por día como mínimo la cual produce un costo elevado en el proceso de producción del pelado de pollo.

En la empresa Inversiones Arkafa Coronado EIRL, desea reducir el costo del consumo de combustible del pelado de 1500 pollos/día; buscando alternativas energéticas para reducir el tiempo del calentamiento de agua de una hora a diez minutos (Coronado Gutierrez, 2016).

1.2 Trabajos previos

- En el año 2016, Prendes Moreno Samantha; Ramírez Salazar Emilio, en su tesis “Diseño de sistema de generación de vapor para planta de confitería en Riobamba” Guayaquil – Ecuador; explico las etapas del proceso de calentamiento en la planta para generación del vapor, la primera etapa de calentamiento se realiza en un precocinador. En este equipo la temperatura del jarabe se eleva a 90°C utilizando un serpentín cuyo fluido de calentamiento es vapor. La siguiente etapa se realiza en un equipo conocido como cocinador *Vaccum*, en éste la masa del caramelo se eleva a 145°C para poder evaporar la mayor cantidad de agua de la mezcla, así mismo utiliza vapor a 90 psi (620 kPa) como fluido de calentamiento; y posterior a esto se aplica vacío, el cual determino una demanda de vapor estimada de consumo de vapor en planta siendo de 3825 kg/h entre 120 y 135 psi; el investigador, para la generación de vapor considera el consumo de los equipos futuros a instalar en planta con una margen de 4877 kg/h determinando la capacidad de generación de vapor de la caldera en 8702 kg/h con una presión variable entre 120 y 150 psi; calcula el espesor del aislamiento con una eficiencia térmica del 99%, teniendo una perdida máxima de calor del 2% en masa de la capacidad de producción de la caldera. De esta forma el investigador cumplió con sus objetivos en diseñar el sistema de generación de vapor para la planta de confitería generando vapor necesario para sus equipos en planta (Prendes Moreno, y otros, 2016)

- En el año 2016, Vieira Chacón, J., en su tesis “Diseño de nuevo sistema de generación y distribución de vapor en planta Bayer La Trinidad” Sartejanas – Venezuela; expone que primero tuvo que familiarizarse con los procesos productivos y servicios industriales para ver los equipos consumidores de vapor llegando a un punto crítico 997 kg/h para lograr determinar la capacidad de la caldera en 70 BHP; procediendo a separar por tramos las tuberías de transporte

de vapor para determinar los diámetros de los tubos por intermedio de un software matemático TLV como resultado obtiene diámetros de $\frac{1}{2}$ " hasta $2 \frac{1}{2}$ " en la distribución de vapor; mencionando el aislante a utilizar la cual es lana de vidrio, razón cual selecciona el espesor por medio de una tabla establecida en el mercado determinando el calor perdido de 94336.35 W/m; con los resultados de la tubería de vapor selección de accesorios logra diseñar el sistemas de vapor asistido por computador generando los planos de instalación. Concluyendo que el buen dimensionamiento de una red de vapor garantiza una conveniente distribución logrando su objetivo principal, (Vieria Chacon , 2016).

- En el año 2012, Armijos Correa, N.; Morales Muyulema L., en su tesis "Diseño y Construcción de un sistema de calentamiento de agua para la curtiduría cueros & cueros" Riobamba – Ecuador; expone que el sistema de lavado de cueros en planta es de forma artesanal y para ello propone el diseño y construcción de un sistema de calentamiento para mayor rendimiento y aminorar los costos de producción, para ello tuvo que conocer el proceso de lavado para determinar el caudal máximo de operación siendo 1377.3 lt de agua en un lapso de 30 minutos a una temperatura de 35 °C, con estos datos realizo la demanda energética requerida de 70.4 KW; procediendo al cálculo del intercambiador de calor teniendo como valor de salida de 40°C y entrada de 13°C determinando 9 tubos de diámetro de 2" SCH 40 en un tiempo de calentamiento de 20 minutos, con un alimentación de 22 galones de agua, con la implementación de nuevo diseño de calentamiento se logra introducir nuevas tecnologías para el control de temperatura de 30 a 35 °C en el lavado de cueros y disminuir el costo de combustible en un 30% al costo actual; también realiza el diseño de la tubería de condensado la cual ayuda a reducir más el consumo de combustible. Con el estudio realizado el autor cumplió con su objetivo planteado en diseñar y construir un sistema de calentamiento de agua para el lavado de cueros en la empresa curtiduría cueros & cueros, (Armijos Correa, y otros, 2012).

1.3 Teorías relacionadas al tema

1.3.1 Proceso de pelado de pollo

- El tiempo de desangre no debe superar los 5 minutos y 30 segundos, ya que superado éste se inicia el Rigor Mortis o endurecimiento muscular. (Solla S.A., 2008)
- Los pollos deben desplazarse sumergidos completamente en la escaldadora. (Solla S.A., 2008)
- El pollo se debe pelar inmediatamente luego de salir de escaldadora, sino se debe rociar con agua a 38 °C. (Solla S.A., 2008)
- Temperatura de ablandado de plumas: 90°C. (Solla S.A., 2008)
- Tiempo de pelado: 15 segundos. (Solla S.A., 2008)
- Escaldar las patas una vez cortadas antes de eviscerar los pollos, a una temperatura aproximada de 70°C durante unos 6 segundos.
- Finalmente empacar en bolsa. (Solla S.A., 2008)
- ✓ Por experiencia propia de los operadores del proceso del pelado de pollo, tiempo sumergido del pollo a 90 °C es de 2 minutos y en las ollas de desinfección tiempo sumergido del pollo a 60 °C es de 1 minutos.
- ✓ Actualmente el proceso del calentamiento de agua de las ollas de operación es con sistema de fuego directo, anexo A-1.1.

1.3.2 Calculo de cargas térmicas

- a) **Carga de transmisión:** Uno de los parámetros importantes que regula la transferencia de calor del caliente al frío, es el área entre los dos fluidos, donde se realiza la transferencia de calor. Por tanto, el caudal de calor que atraviesa la superficie, que se puede considerar constante (estado estacionario), se puede expresar mediante la siguiente ecuación: (Karlekar, y otros, 1985)

$$Q = U \cdot A(T_{ext.} - T_{int.}) \quad (1.1)$$

- Coeficiente global de transferencia de calor U para paredes planas (Isover, 2011) :

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i * A_1} + \frac{e}{K} + \frac{1}{h_e * A_2}} \quad (1.2)$$

- Coeficiente global de transferencia de calor U para paredes cilíndricas (Isover, 2011) :

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i * r_1} + \frac{\ln(r_2/r_1)}{2 * \pi * K * L} + \frac{1}{h_e * r_2}} \quad (1.3)$$

Dónde:

Q = Pérdidas de calor, (KJ/s)

U = Coeficiente global de transferencia de calor, ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)

A = Área donde fluye el calor, (m^2)

$T_{int.}$ = Temperatura interior, ($^\circ C$)

$T_{ext.}$ = Temperatura exterior, ($^\circ C$)

K = Conductividad térmica del material, ($W/m \cdot ^\circ C$)

e = Espesor del material

r_1 = Radio interior, (m)

r_2 = Radio exterior, (m)

h_i = Coeficiente de transferencia de calor interior, ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)

h_e = Coeficiente de transferencia de calor exterior, ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)

L = Longitud, (m)

h_i Coeficiente de transferencia de calor por resistencia es muy alto más 2.000 $W/m^2 \cdot ^\circ C$, se desprecia según (Refrigeración, 2007)

- El coeficiente de transferencia de calor h_e , es la cantidad de vapor que pasa a través de la superficie en estado régimen estacionario, entre la diferencia de temperatura; viene dada por (Isover, 2011):

$$h_e = h_r + h_{cv} \quad (1.4)$$

- Parte radiativa del coeficiente de transferencia de calor h_r ; depende de la temperatura, del acabado superficial y emisividad del material, expresándose (Isover, 2011):

$$h_r = a_t * C_r \quad (1.5)$$

a_t , es el factor de temperatura en grados K.

$$a_t = \frac{T_1^4 - T_2^4}{T_1 - T_2} \quad (1.6)$$

C_r , es el coeficiente de radiación, en $W/(m^2 * K^4)$.

$$C_r = \varepsilon * \sigma \quad (1.7)$$

Donde:

ε = Emisividad del Material.

σ = Coeficiente de Stefan Boltzman $5.67 * 10^{-8} W/(m^2 * K^4)$.

- Parte convectiva del coeficiente superficial de transferencia de calor h_{cv} ; existen diferencias de convección para tuberías y depósitos al interior (aplicada para diferencias de temperatura entre superficie al aire menores de $100^\circ C$) y exterior de los edificios (Isover, 2011):

- Para interior del edificio, paredes planas y tuberías verticales:

Convección laminar libre, cuando $(H^3 * \Delta T \leq 10 m^3.K)$:

$$h_{cv} = 1.32 \sqrt[4]{\frac{\Delta T}{H}} \quad (1.8)$$

Convección turbulenta libre, cuando $(H^3 * \Delta T \geq 10 m^3.K)$:

$$h_{cv} = 1.74 \sqrt[3]{\Delta T} \quad (1.9)$$

- Para interior del edificio las superficies horizontales el coeficiente no es importante en casos prácticos, tuberías horizontales (Isover, 2011):

Convección laminar libre, cuando $(H^3 * \Delta T \leq 10 \text{ m}^3 \cdot \text{K})$:

$$h_{cv} = 1.25 \sqrt[4]{\frac{\Delta T}{H}} \quad (1.10)$$

Convección turbulenta libre, cuando $(H^3 * \Delta T \geq 10 \text{ m}^3 \cdot \text{K})$:

$$h_{cv} = 1.21 \sqrt[3]{\Delta T} \quad (1.11)$$

Donde:

$\Delta T = (T_{se} - T_a)$, en (K).

T_{se} = Temperatura superficie de la pared, (K).

T_a = Temperatura del aire ambiente dentro del ambiente, (K).

H = Altura pared o diámetro de tubería, (m).

- Para exterior del edificio, tuberías horizontales y verticales:

Flujo laminar, cuando $(v * D_e \leq 8.55 * 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s})$:

$$h_{cv} = \frac{8.1 * 10^{-3}}{D_e} + 3.96 \sqrt{\frac{v}{H}} \quad (1.12)$$

Flujo turbulento, cuando $(v * D_e \geq 8.55 * 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s})$:

$$h_{cv} = 8.9 \frac{v^{0.9}}{D_e^{0.1}} \quad (1.13)$$

Donde:

D_e = Diámetro exterior del aislamiento, (m).

v = Velocidad del viento, (m/s).

b) Carga térmica por convección: Es el sistema de transferencia de calor de un gas o líquido que transmite la energía térmica entre dos zonas. (Cengel, y otros, 2007)

La transmisión de calor por convección puede ser:

- **Forzada:** Es el fluido transportado por medio de un mecanismo ya sea bombas, ventiladores, etc. (Cengel, y otros, 2007)
- **Natural:** Es el fluido sobre la superficie donde no intervienen mecanismos. (Cengel, y otros, 2007)

Aire: convección natural $h=10$, convección forzada a más de 10 m/s $h= 50$ (Martinez, 1992).

Agua: convección natural $h=500$, convección forzada a más de 10 m/s $h= 1000$ (Martinez, 1992).

$$\dot{Q}_{conv.} = hA(T_s - T_{\infty}) \quad (1.14)$$

Dónde:

$\dot{Q}_{conv.}$ = Transferencia de calor por convección, (KJ/s)

h = Coeficiente de transferencia de calor, ($W/m^2 \cdot ^\circ C$) (tabla A-1)

A = Área superficial, (m^2)

T_s = Temperatura de la superficie, ($^\circ C$)

T_{∞} = Temperatura del fluido más alejado de la superficie, ($^\circ C$)

1.3.3 Calculo consumo de vapor

1.3.3.1 Balance de energía

Se basa en la ley de la conservación de energía que indica que un proceso, la energía no se crea, ni se destruye, solo se transforma. (Cengel, y otros, 2007).

En un balance total de energía se toma en cuenta la transferencia de energía a través de los límites del sistema. (Kern, 2006)

$$\dot{Q}_{entrada} + \dot{W}_{entrada} \Sigma \dot{m} \left(h + \frac{v^2}{2} + gz \right) = \dot{Q}_{salida} + \dot{W}_{salida} \Sigma \dot{m} \left(h + \frac{v^2}{2} + gz \right) \quad (1.15)$$

Dónde:

$\dot{m}_{entrada}$ = Flujo másico de entrada al sistema kg/s

$h_{entrada}$ = Entalpía del fluido de entrada kJ/kg .

m_{salida} = Flujo másico de salida del sistema kg/s .

h_{salida} = Entalpía del fluido de salida kg/s .

a) Balance de energía para sistemas de flujo estacionario (abierto)

Es aquel que presenta relaciones de intercambio de energía con el medio ambiente, a través de entradas y salidas. Ajustándose constantemente a las condiciones del medio. Ejem. Olla con agua hirviendo, flujo en las tuberías.

Se considera el gasto de masa que fluye por un tubo o ducto es *unidimensional*. Es decir, se puede suponer que las propiedades varían sólo en una dirección (la del flujo). (Cengel, y otros, 2012)

$$\dot{Q}_{entrada} = \dot{Q}_{entrada} \quad (1.16)$$

En los casos más comunes se desprecian las energías cinética y potencial; no se tiene interacción de trabajo, expresándose: (Cengel, y otros, 2007)

$$\dot{Q} = \dot{m}C_p(T_1 - T_2) \quad (1.17)$$

Dónde:

\dot{Q} = Flujo de Calor.

\dot{m} = Flujo de Masa.

Donde \dot{Q} es la transferencia neta de calor hacia adentro o hacia afuera del volumen de control. (Cengel, y otros, 2007)

1.3.3.2 Balance de masa

El balance de la materia se basa en la ley de la conservación de masa enunciada por Lavoiser: "En cada proceso hay exactamente la misma cantidad de sustancia presente antes y después que el proceso haya sucedido. Solo se transforma la materia". Es decir: (Kern, 2006)

$$\Sigma \dot{m}_{entrada} = \Sigma \dot{m}_{salida} \quad (1.18)$$

Dónde:

$\Sigma \dot{m}_{entrada}$ = Flujo másico de entrada al sistema kg/s .

$\Sigma \dot{m}_{salida}$ = Flujo másico de salida del sistema kg/s .

1.3.4 Capacidad de una caldera pirotubular (BHP)

La capacidad de la caldera se debe determinar con un 20% de incremento al consumo de vapor en total en planta. (Jutglar, y otros, 2011)

$$BHP = m_{vapor} * 1.20 \quad (1.19)$$

Un BHP equivale a 15.65 kg/h de agua evaporada por hora a presión atmosférica, expresándose: (Paredes Rosario, 2013)

$$BHP = \frac{m_{vapor}}{15.65 \text{ kg/h}} \quad (1.20)$$

Donde:

m_{vapor} = Cantidad de vapor (kg/h).

1.3.5 Selección de caldera pirotubular

En esta caldera los gases calientes de la combustión circulan por el interior de los tubos y el agua se encuentra al exterior de los tubos; trabajando a una presión inferior a los 22 bar, adaptándose mejor el volumen de agua a las diferentes instalaciones de las calderas acuotubulares. Las calderas pirotubulares se clasifican en función de la disposición del haz tubular (Uceda Martinez, juan;, 2012):

1.3.5.1 Caldera tubular horizontal

El haz tubular está en posición a lo largo de la caldera, entrando el fuego de la parte delantera a la trasera. Figura 1.1 (Uceda Martinez, juan;, 2012)



Figura 1.1, Detalle de caldera pirotubular horizontal.
Fuente Guía Básica de Calderas Industriales Eficientes

1.3.5.2 Caldera tubular vertical

Es una unidad caldeada interiormente por tubos de gases. Autocontenida que precisa poca o ninguna obra refractaria. Es muy popular por usar poco espacio. Son usados para para servicios estacionario que requiere presiones y capacidades de producción medias. (Kohan, 2008).

➤ Las ventajas de las calderas pirotubulares verticales: (Kohan, 2008)

- a) Compacidad y manejabilidad.
- b) Bajo costo inicial.
- c) Muy poca superficie requerida por HP de caldera.
- d) No se precisa un aislamiento especial.
- e) Instalación rápida y sencilla.

➤ Las desventajas de las calderas pirotubulares: (Kohan, 2008)

- a) El interior no es fácilmente accesible para la limpieza.
- b) La capacidad de agua es pequeña, haciéndose difícil mantener una correcta presión de vapor bajo variaciones de carga.
- c) La caldera esta propensa a explotar cuando las cargas de vapor superan la válvula de seguridad.

Haz tubular está dispuesto de la parte inferior a la parte superior de la caldera.
Figura 1.2 (Uceda Martinez, juan;, 2012)

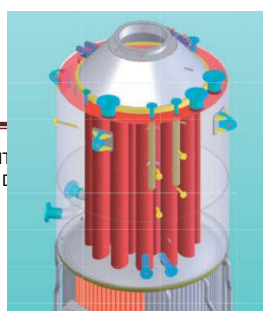


Figura 1.2, Detalle de caldera pirotubular vertical.
Fuente Guía Básica de Calderas Industriales Eficientes

Las calderas pirotubulares se clasifican en función del número de pasos de gases.

1.3.5.3 Calderas de dos (2) pasos de gases.

En el diseño de dos pasos de gases, ver figura 1.3, se distinguen claramente dos vías de pasos autónomas de circulación de los productos de combustible y cuentan con una cámara de combustión localizada en la parte inferior de la caldera y rodeada por una cámara de agua (cámara húmeda). Estas calderas se caracterizan por su bajo rendimiento, así como su alta emisión de sustancias contaminantes de los gases de combustión a la atmosfera (Uceda Martinez, Juan, 2012).

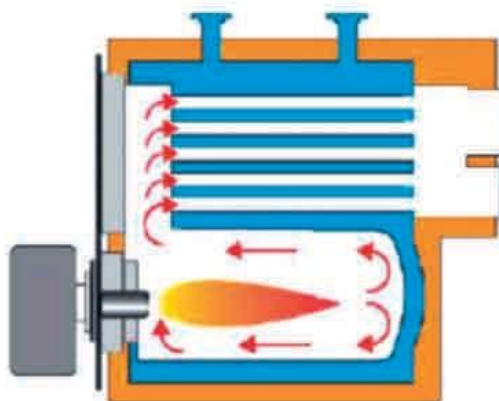


Figura 1.3, Detalle de caldera de dos pasos de gases.
Fuente Guía Básica de Calderas Industriales Eficientes

1.3.5.4 Calderas de tres (3) pasos de gases.

En este diseño de tres pasos de gases tiene un 60% de mejor rendimiento por perder menos calor y ahorro de combustible, ver figura 1.4, se distinguen claramente tres vías de pasos autónomas de sentido único de circulación de los productos de combustión. Los gases de combustión producidos por el quemador en la parte posterior de la cámara de combustión (hogar)(1) fluyen a través de los tubos de humos (2) en el segundo paso de humos. Seguidamente, los gases de combustión de la caldera cambian de dirección en la parte frontal de la caldera, pasando a través de los tubos de humos (3) en el tercer paso de humos, hacia el conducto de expulsión de gases (4) por el que se evacuan al exterior. (Uceda Martinez, Juan, 2012).

Estas calderas se caracterizan por su alto rendimiento, así como por el bajo contenido de sustancias contaminantes en sus gases de combustión a la atmósfera. Estas calderas pueden ser instaladas cumpliendo las exigencias medioambientales más rigurosas. (Uceda Martinez, Juan, 2012).

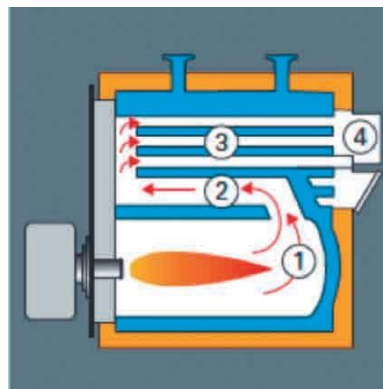


Figura N°1.4, Detalle de caldera de triple paso de humos.

Fuente Guía Básica de Calderas Industriales Eficientes

1.3.5.5 Norma técnica peruana

NTP 350.301.2004 Calderas Industriales - Niveles mínimos de eficiencia térmica, nos indica que se aplica en calderas pirotubulares de una capacidad de 10 a 100 BHP, debe tener una presión de 4 bar para caldera de tubos de humo.

1.3.6 Dimensionamiento de tubería para transporte de vapor

1.3.6.1 Flujos máscicos y volumétricos

Es la magnitud de masa en el tiempo que pasa por la sección transversal de un ducto, expresándose \dot{m} (Cengel, y otros, 2012).

$$\dot{m} = \rho \dot{V} = \frac{\dot{V}}{v} \quad (1.21)$$

Despejando flujo volumétrico:

$$\dot{V} = v * \dot{m} \quad (1.22)$$

Donde:

\dot{m} = Flujo másico en kg/h .

ρ = Densidad kg/m^3 .

v = volumen específico m^3/kg .

\dot{V} = Flujo volumétrico en m^3/s .

1.3.6.2 Dimensionado de la tubería acorde a la velocidad del vapor

La velocidad de vapor saturado en la tubería debe ser de aproximadamente de 30 m/s a 40 m/s para líneas de redes con más de 100 mt, y de 25 m/s para derivaciones y líneas menores a 100 mt. Para el vapor sobrecalentado el intervalo de velocidad se puede incrementar 10 m/s (SPIRAX SARCO S.A.).

Si se dimensiona la tubería en función de la velocidad, entonces los cálculos se basan en el volumen de vapor que se transporta con relación a la sección de la tubería. (Fernandez Rey, 2015). Expresándose:

$$sección (A) = \frac{caudal\ volumetrico (\dot{V})}{velocidad\ del\ flujo (C)}$$

Reemplazando datos:

$$\pi \frac{D^2}{4} = \frac{\dot{V}}{C} \quad (1.23)$$

Despejando diámetro:

$$D = \sqrt{\frac{4 * \dot{V}}{\pi * C}} \quad (1.24)$$

Donde:

D = Diámetro m .

C = Velocidad del flujo m/s .

\dot{V} = Flujo volumétrico en m^3/s .

Obteniendo el diámetro del tubo se procede a ver el catálogo anexo A-1.2 para la selección del tubo para su compra.

1.3.6.3 Dimensionado del colector (manifold) – distribuidor de vapor

Facilita la distribución de vapor a la planta sin llevar arrastre de agua por condensado, si dos o más calderas están conectadas al colector deberá tener un sistemas de purgas de condensado (SPIRAX SARCO S.A.).

La longitud del colector no debe tener 5 metros de longitud máximo, calculándose el diámetro del colector del vapor con una velocidad no mayor de 5 – 10 m/s, esta velocidad es importante ya nos ayuda que el agua arrastrada de la tubería de vapor por condensado caiga hacia el pozo de purga y que solo salga vapor seco por la parte superior donde se encuentran los tubos de distribución a la planta, anexo A-1.3 (SPIRAX SARCO S.A.).

El cálculo del diámetro del tubo de ingreso al colector se calcula mediante las ecuaciones 1.20 y 1.22 acuerdo a las velocidades de circulación siendo: 50 m/s para vapor saturado y 60 m/s para vapor sobrecalentado y recalentado; con una distancia no mayor de 30 metros. (SPIRAX SARCO S.A.)

1.3.7 Aislamiento térmico en tuberías

Con el aislamiento térmico en tuberías, tratamos de reducir las pérdidas de calor para obtener una mejor eficiencia térmica al 99.5%, teniendo una temperatura superficial de 40 °C (Refrigeración, 2007).

Para el espesor óptimo del aislamiento se utiliza el método de pérdida de calor de Fourier de conducción térmica para cilindros, figura N°1.6 (Paredes Rosario, 2013):

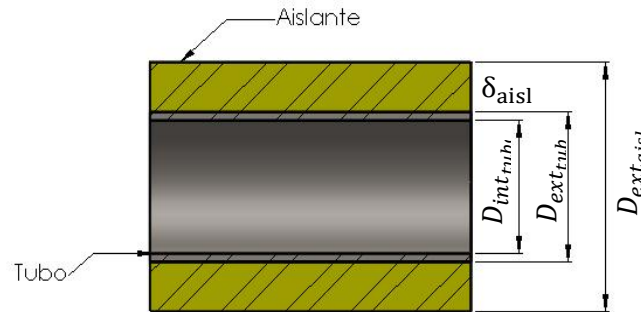


Figura N° 1.5, tubería

$$\dot{q} = \frac{(T_{des} - T_{ais})}{\frac{1}{2 * \pi * k} \times \ln \frac{D_{ext}}{D_{int}}} \quad (1.25)$$

Despejando D_{ext} del aislante

$$D_{ext} = D_{int} * e^{\frac{2\pi.k (T_{des}-T_{ais})}{\dot{q}}} \quad (1.26)$$

Dimensionamiento del espesor del aislamiento térmico de la tubería (Paredes Rosario, 2013):

$$\delta_{ais} = \frac{D_{ext} - D_{int}}{2} \quad (1.27)$$

Donde:

- D_{ext} = Diámetro exterior del aislante (m).
- D_{int} = Diámetro interior del aislante (m).
- k_{ais} = Conductividad térmica del aislante ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$).
- T_{desn} = Temperatura inicial del aislante ($^\circ C$).
- T_{ais} = Temperatura final del aislante ($^\circ C$).
- \dot{q} = Calor perdido unitario del tubo (W/m).
- δ_{ais} = Espesor aislamiento (m).

- Para calcular el calor perdido unitario (\dot{q}) en tubería aislada se utiliza el siguiente procedimiento, (Paredes Rosario, 2013).

a) Flujo térmico total a transportar en tubería

$$Q_{total} = \dot{m}_v * h_v \quad (1.28)$$

b) Perdidas de calor en tubería aislada respecto al rendimiento

$$Q_{perdido} = Q_{total} * (1 - \eta_{ais}) \quad (1.29)$$

c) Perdida unitaria de calor

$$\dot{q} = \frac{Q_{perdido}}{L_{tuberia}} \quad (1.30)$$

Donde:

Q_{total} = Flujo total de vapor (kw).

\dot{m}_v = Flujo de vapor (kg/s).

h_v = Entalpia de vapor (kJ/kg).

$Q_{perdido}$ = Calor perdido (kw).

η_{ais} = Rendimiento del aislamiento.

$L_{tuberia}$ = Longitud de tubería

1.3.8 Calculo de consumo de combustible

1.3.8.1 Balance de combustión de combustible

Es la energía producida de los combustibles transferida bajo la forma de calor hacia el agua, expresándose (Paredes Rosario, 2013):

$$\dot{Q}_u = \dot{Q}_{agua} + \dot{Q}_{vaporización} \quad (1.31)$$

Para casos aplicativos:

$$\dot{m}_{cble} * PCI * \eta_{cald} = \dot{m}_v(h_{vapor} + h_{agua}) \quad (1.32)$$

Despejando consumo de combustible:

$$\dot{m}_{cble} = \frac{\dot{m}_v(h_{vapor} - h_{agua})}{PCI * \eta_{cald}} \quad (1.33)$$

Donde:

\dot{Q}_u	= Calor útil de la caldera.
\dot{Q}_{agua}	= Calor del agua a la entrada.
$\dot{Q}_{vaporización}$	= Calor del vapor a la salida.
\dot{m}_{cble}	= Flujo másico del combustible.
\dot{m}_v	= Flujo másico de vapor.
h_{vapor}	= Entalpia del vapor a la salida de la caldera.
h_{agua}	= Entalpia del agua a la entrada de la caldera.
PCI	= Poder calorífico interior del combustible.
η_{cald}	= Rendimiento de la caldera.

1.3.8.2 Carbón de piedra

Proporciona casi el 30 % de energía que se consume actualmente en el mundo; además de ello, es una materia prima muy importante para la siderurgia y para la industria. (Moro Vallina, 2016)

El carbón, está compuesto principalmente por el carbono, hidrogeno, nitrógeno, oxígeno y azufre, son los procesos naturales a partir de residuos vegetales; mayormente se utiliza el carbón antracita en la industria por costos más bajos. En la tabla 1.1, se muestra los tipos de carbón y poder calorífico de cada tipo, (Rojas Delgado, 2008).

Tabla 1.1, tipo de carbón mineral y poder calorífico.

Tipo	Carbono fijo (%)	Materia volátil (%)	Contenido humedad (%)	Poder calorífico (BTU/lb)	Poder calorífico (MJ/kg)	Poder calorífico (kcal/kg)
Antracita	86 - 98	1	< 15	> 14.000	> 32,6	> 7.780
Bituminoso (hulla)	45 - 86	32	15 - 20	10.500 – 14.000	24,5 – 32,6	5.800 - 7.780
Subbituminoso	35 - 45	50	20 - 30	7.800 – 10.500	18,2 – 24,5	4.300 - 7.780
Lignito y turba	25 - 35	96	> 30	4.000 – 7.800	9,3 – 18,2	2.200 - 4.300

Fuente: American Society Ford and Materials (ASTMD-388-777);Minem, Colombia, UPME (2005)

1.3.9 Costo de combustible

Está conformada en la forma de adquisición y tipo de combustible puesta en planta – Arkafa Coronado EIRL, ubicada en La Unión – bajo Piura (Coronado Gutierrez, 2016)

Costo balón 10 kg de gas	:	S/ 35.00 Soles (PEN)
Costo del carbón de piedra (antracita)	:	S/ 250.00 Soles (PEN)
Costo de transporte (flete) Trujillo-Piura	:	S/ 250.00 Soles (PEN)
Costo total del carbón puesta en planta	:	S/ 500.00 PEN/Tn

1.3.10 Accesorios de control y medición

1.3.10.1 Manómetro

Este elemento nos permite controlar la presión interna del agua y el vapor (presión de trabajo) figura 1.5, es muy importante que su indicación sea correcta no superando el 75% de la presión máxima de carga (Thomasset, 2005).



Figura 1.6, Manómetro de una caldera.

Fuente, pequeño manual del foguista

1.3.10.2 Válvulas de vapor

Determinar parámetros de procesos:

- Temperatura de trabajo y ambiente
- Presión de trabajo y etapas de presión
- Flujo volumétrico (valor “Kv” coeficiente de caudal) y velocidad de flujo.
- Otros requisitos de funcionamiento, p. ej., aplicaciones de mezcla, distribución, conducción y regulación.

Cuando se determinan estos parámetros es importante que se tengan en cuenta todas las condiciones de trabajo. Con frecuencia, solo se presta atención al proceso propiamente dicho y, a menudo, se pasan por alto situaciones de trabajo como la limpieza y/o la esterilización de una planta. Sin embargo, pueden entrar en juego condiciones de trabajo completamente diferentes que ejercen un estrés mucho mayor en los componentes de las tuberías que el proceso de la planta propiamente dicho y que puede que tengan un impacto negativo sobre el funcionamiento o la vida útil. (Apollo, 2015)

1.3.10.3 Preparación de agua para la caldera

El agua respecto a su uso en calderas, los problemas son cada vez mayores a medida que el agua aumenta en dureza y se hace más difícil su adecuada corrección, midiéndose en ppm. (Torreguitar, y otros, 1986)

En general puede aceptarse una clasificación según su dureza, como sigue (tabla 1.2): (Torreguitar, y otros, 1986).

Tabla 1.2, Grados de dureza del agua.

Grados de dureza	Caracteres del agua
0 – 2	Muy blanda
2 – 4	Blanda
4 – 7	Semidura
7 – 12	Dura
Más de 12	Muy dura

Fuente, combustión y generación de vapor.

Debe hacerse un tratamiento del agua para que este suficientemente limpia para el uso industrial (no necesariamente potable). Esto significa, sacar las sales que provocan la dureza del agua por medio de desaireador y ablandadores de agua (Thomasset, 2005).

- **Ablandador de agua**, (figura 1.7) es el uso de intercambiadores iónicos en ciclo sódico que evita la formación de barros en el interior de la caldera. El material del intercambio del ablandador son pequeñas esferas de 1.2mm aprox. llamada RESINA.(figura 1.8) (Thomasset, 2005)

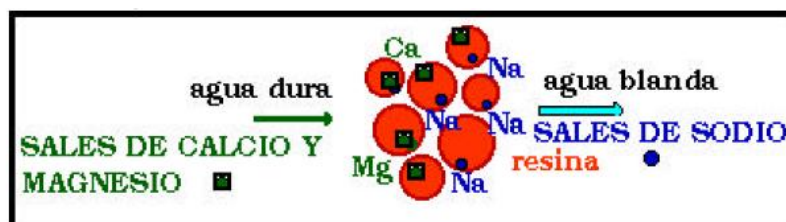


Figura 1.8, proceso de ablandado de agua con resina.
Fuente Pequeño Manual del Foguista 8va Edición



Figura 1.7, Ablandador de Agua.

Fuente Pequeño Manual del Foguista 8va Edición

- **Precalentador** de agua es calentada por vapor de la caldera, incrementando la eficiencia de la caldera y minimizar el choque térmico de la caldera, que este caso es inyecta fluido a temperatura promedio de la caldera (Thomasset, 2005)

Para ver la influencia de la temperatura en el contenido de oxígeno en el agua cuando la misma está sometida a la presión atmosférica. (Tabla 1.3)

Tabla 1.3 Contenido de oxígeno en el agua de acuerdo con su temperatura, a presión atmosférica.

Temperatura en °C	Contenido de Oxigeno mg/kg
10 °C	11.25
20 °C	9.09
30 °C	7.49
40 °C	6.41
50 °C	5.50
60 °C	4.69
70 °C	3.81
80 °C	2.81
90 °C	1.59
95 °C	0.86
99 °C	0.18

Fuente, Pequeño Manual del Foguista 8va Edición

1.4 Formulación de problema

¿Cuáles son las características técnicas de un sistema de vapor para calentamiento de agua en las ollas de operación de 90 °C y 60 °C usada en el proceso de pelado de 1500 pollos/ día para lograr reducir costos de consumo de combustible en la empresa inversiones Arkafa Coronado E.I.R.L.?

1.5 Justificación:

➤ Relevancia tecnológica:

Se busca diseñar un sistema de vapor que caliente el agua a la temperatura deseada economizando el consumo de combustible y reduzca el tiempo en el proceso de pelado de pollo.

➤ Relevancia social:

En las zonas rurales existen microempresas que no cuentan con un sistema de vapor, economizando insumos de combustibles y aminorando costos de producción, por lo cual se considera con este proyecto de tesis se demuestre que es de gran importancia contar con equipos como este en zonas rurales.

➤ Relevancia institucional:

Esta tesis quedará como precedente en la UCV, para que se realicen investigaciones de este tipo; como es el diseño de un sistema de vapor que favorece a la empresa para reducir costos y tiempos de producción.

➤ Relevancia económico:

Con el diseño de un sistema de vapor ayuda a reducir el costo de consumo de combustible y reduzca el tiempo de pelado de pollo, aportando a la mejoría de la empresa, la cual aumentaría su competitividad en el mercado.

➤ Relevancia teórica:

En este trabajo no se aporta nuevos conocimientos; si no que se aplica los fundamentos teóricos elementales para el mejoramiento de un sistema de vapor.

1.6 Hipótesis

Realizando un balance energético de las cargas térmicas en las ollas de operación en el proceso el pelado 1500 pollos/ día se puede diseñar un sistema a vapor para calentar 350 kg/agua a 90 °C y 155 kg/agua a 60 °C respectivamente y así reducir costos de consumo de combustible en la empresa inversiones Arkafa Coronado E.I.R.L.

1.7 Objetivo

1.7.1 Objetivo general:

Realizar el diseño de un sistema de vapor para calentamiento de 350 kg/agua a 90 °C para el ablandamiento de plumas y 155 kg/agua a 60 °C para desinfección de 1500 pollos/día para reducir costos de combustible.

1.7.2 Objetivos específicos:

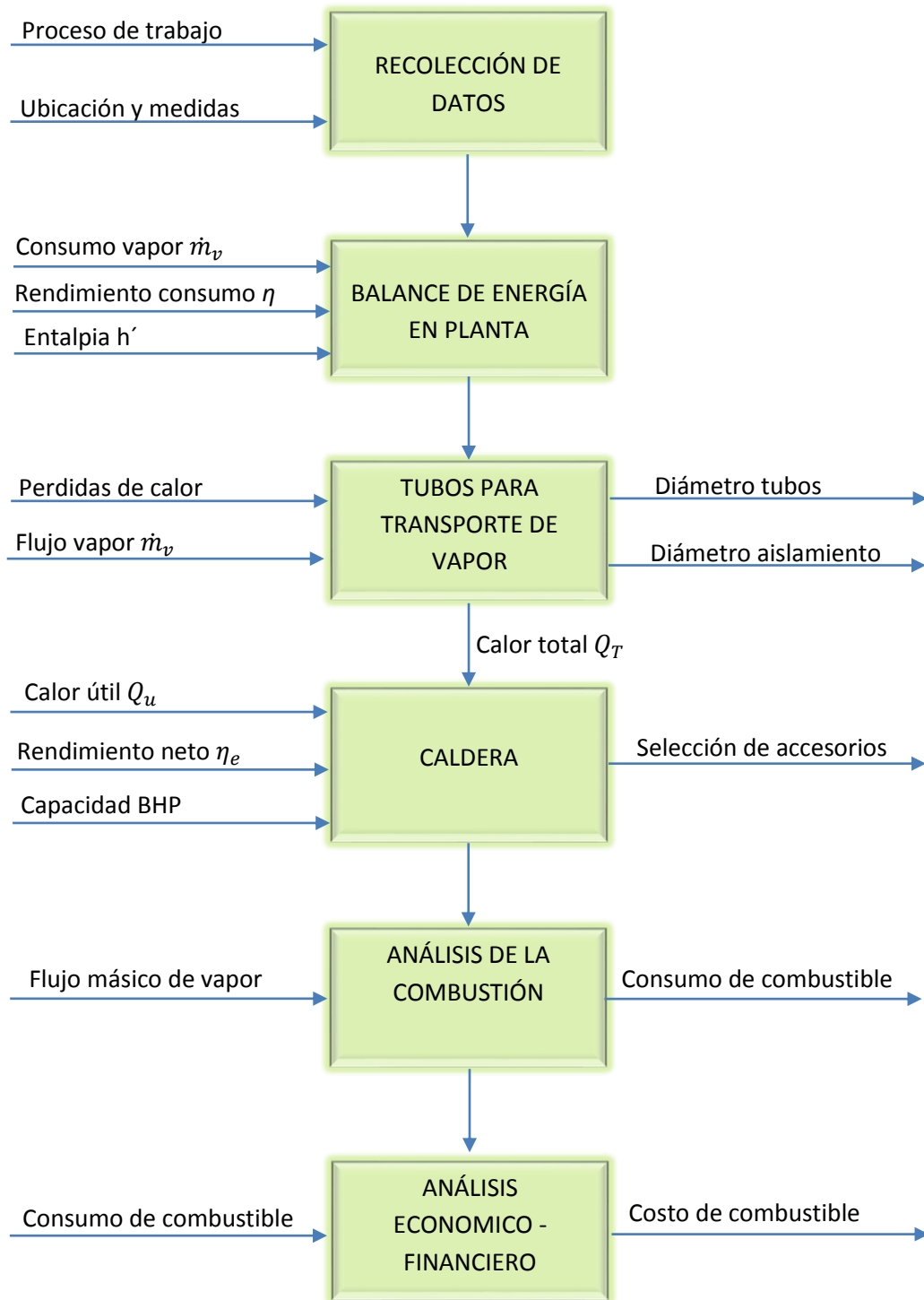
- ✓ Proponer un sistema de vapor para el calentamiento de agua en las ollas de operación en el proceso de pelado de pollo.
- ✓ Determinar cargas térmicas en las ollas de operación.
- ✓ Calcular el flujo de vapor necesario para calentar el agua de las ollas de pelado de pollo, hasta llegar a su temperatura adecuada de operación.
- ✓ Calcular BHP de la caldera.
- ✓ Seleccionar la caldera.
- ✓ Dimensionar tuberías de transporte para vapor.
- ✓ Dimensionar aislamiento en tuberías de transporte para vapor.
- ✓ Calcular el consumo de combustible con carbón de piedra.
- ✓ Análisis económico financiero del costo de combustible.
- ✓ Seleccionar accesorios de medida de protección y control de la caldera.

II. Metodología

2.1 Diseño de investigación:

Aplicada

Flujograma del proceso de investigación



2.2 Variables y operacionalización

2.2.1 Variable independiente:

- Temperatura del agua
- Cantidad de agua
- Cantidad de carbón

2.2.2 Variable dependiente:

- Características técnicas de un sistema de generación y distribución de vapor.

2.2.3 Operación de variables.

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Escala de Medición
Independiente				
Temperatura del agua	Es una magnitud referida a las nociones comunes de calor.	Temperatura necesaria para las ollas de operación.	°C	20 – 90
Cantidad de agua	Propiedad física de la materia que ocupa un cuerpo.	Cantidad de agua en un depósito a calentar.	kg	155-350
Cantidad de carbón	Elemento químico fósil resultante del proceso de la naturaleza	Cantidad de carbón que se utiliza para que la caldera genere vapor.	kg	50-300
Dependiente				
Características técnicas de un sistema de vapor.	Generación de vapor: Máquina o dispositivo de ingeniería, donde la energía química, se transforma en energía térmica	Cantidad de vapor que se necesita para calentar el agua de 20 °C a 90°C y 60°C	kg/h	500-700
	Transporte de vapor: Los tubos es la encargada precisamente de conducir el vapor generado en la caldera hacia los diferentes puntos donde se necesita a energía calorífica.	Medio donde se distribuye el vapor generado de la caldera hacia los equipos en planta.	pulg.	½” – 3”
	Aislamiento térmico: Es un material caracterizado por su resistencia térmica, que limita la transferencia de calor hacia otros espacios no convenientes	Es la forma de ahorrar energía para consumir menos vapor	kJ/h	0.20 – 2500 KJ/h

2.3 Población - muestra

2.3.1 Población:

Sistema de generación de vapor a carbón de piedra para calentar agua.

2.3.2 Muestra:

Sistema de generación de vapor a carbón de piedra para calentar 350 kg/agua a 90 °C y 155 kg/agua a 60 °C en la empresa Inversiones Arkafa Coronado EIRL.

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

TECNICAS	INSTRUMENTOS	RESULTADO
Observación	- Visual	- Estado en que se encuentra la planta. - Proceso de producción.
Entrevistas	- Oral	- Gerente General. - Operarios de producción.
Mediciones	- Termómetro - Wincha	- Temperatura agua. - Diámetros ollas. - Área de producción.
Analítica	- Ecuaciones térmicas.	- Tiempo de calentamiento de agua. - Consumo de combustible.

2.5 Validación y confiabilidad del instrumento

Mediante fundamentos de las ciencias termodinámicas y transferencia de calor de libros reconocidos.

2.6 Métodos de análisis de datos

Se realiza bajo las teorías y análisis termodinámicos y transferencia de calor.

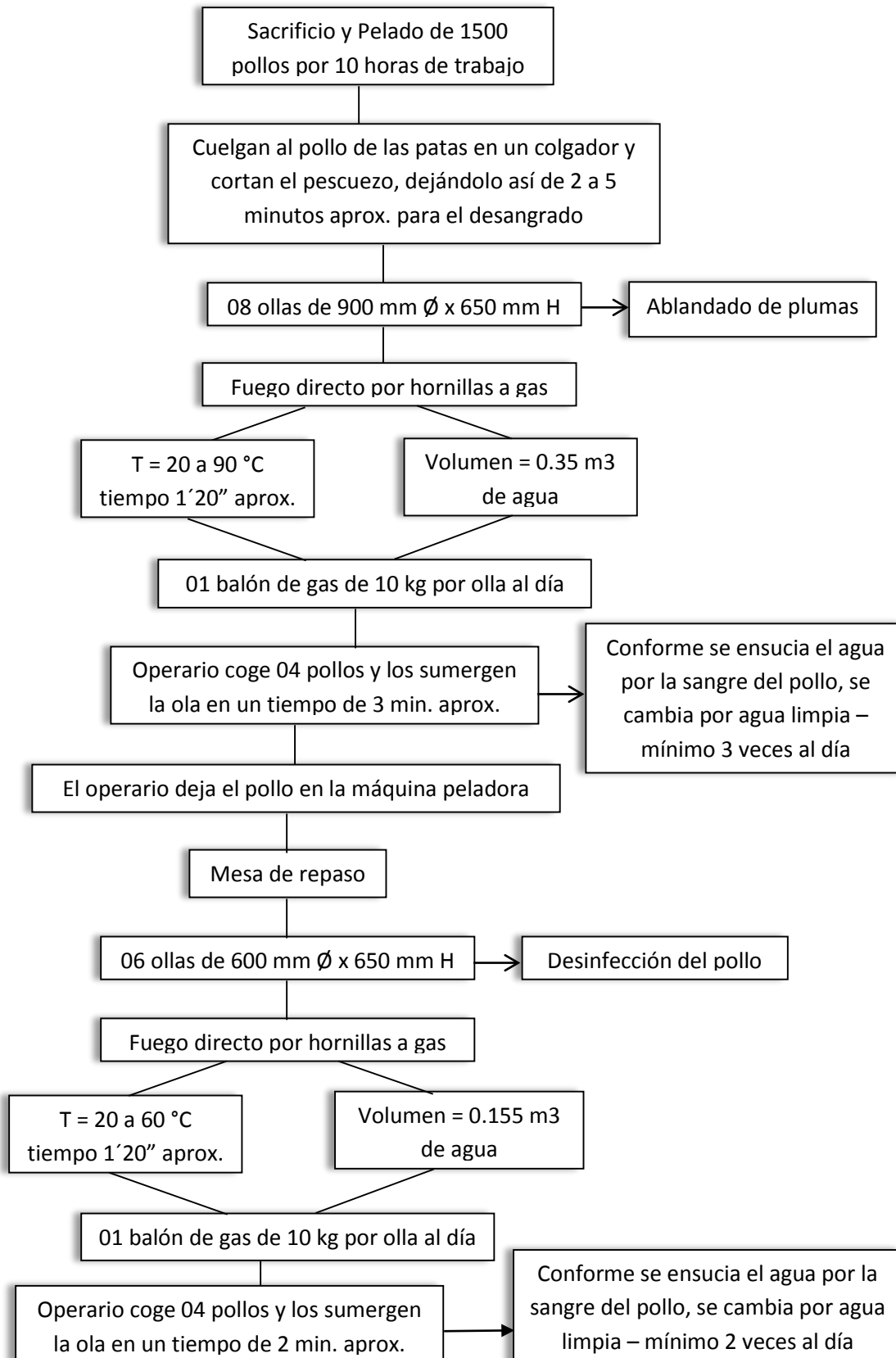
2.7 Aspectos éticos

En el siguiente desarrollo de tesis se tiene como aspecto ético el respeto a la propiedad intelectual de los autores que ayudaron a ser posible el desarrollo de esta tesis, así como también a la confiabilidad de los datos recolectados, calculados y analizados.

III. Resultados

3.1 Propuesta de sistema de vapor para calentamiento de agua.

A. Conocimiento del proceso de pelado de pollo



Para tener una mejor idea del proceso actual para calentar el agua en la ollas de operación ver anexo A-1.1.

Diseño de un sistema de vapor propuesto para calentar el agua en las ollas de operación (anexo A-3.1).

3.2 Balance de energía en planta

Recopilando datos de las ollas de operación de la empresa, obtenemos:

Material de acero inoxidable AISI 304, 2 mm espesor.

08 ollas de Ø 900mm x 650mm de alto a 90 °C para ablandado de plumas.

06 ollas de Ø 600mm x 650mm de alto a 60 °C para desinfección del pollo

3.2.1 Determinar cargas térmicas en las ollas de operación

A. Cargas térmicas de la olla para ablandar plumas

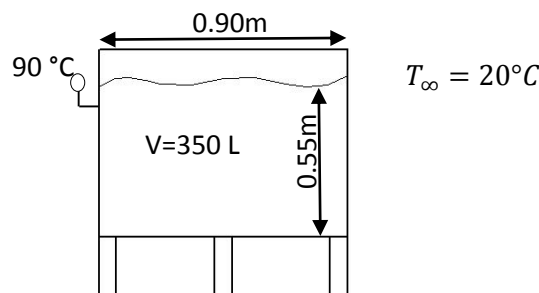


Figura 3.1, operación de olla para ablandado de plumas de pollo.

Tenemos como dato que el agua se calienta de 20°C a 90°C en un régimen transitorio, por lo tanto asumimos que la temperatura promedio será de 60°C para simplificar los cálculos con régimen estacionario.

a) Calor por la pared lateral, se calcula mediante la ecuación (1.1)

Datos:

$$k_{\text{acero inox.}} = 16 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} \quad (\text{anexo A-3.2})$$

$$A = \pi * 0.90 * 0.55 = 1.55 \text{ m}^2$$

$$T_2 = 20 \text{ °C} = 293.15 \text{ K}$$

$$T_1 = 60 \text{ °C} = 333.15 \text{ K}$$

$$r_1 = 0.448\text{m}$$

$$r_2 = 0.45\text{m}$$

Coeficiente de convección interno h_i muy alto, se desprecia según (Refrigeración, 2007)

Coeficiente de convección externo h_e se calcula mediante la ecuación (1.4)

Para h_r coeficiente radiactivo se utilizan las ecuaciones (1.5; 1.6; 1.7)

$$a_t = \frac{358.15^4 K - 293.15^4 K}{358.15 K - 293.15 K} = 1.23 * 10^8 k^3$$

$\varepsilon = 0.7$ (anexo A-3.3)

$$C_r = 0.7 * 5.67 * 10^{-8} \frac{W}{m^2 * K^4} = 3.969 * 10^{-8} \frac{W}{m^2 * K^4}$$

$$h_r = 1.23 * 10^8 k^3 * 3.969 * 10^{-8} \frac{W}{m^2 * K^4} = 4.88 \frac{W}{m^2 * K}$$

Para h_{cv} coeficiente superficie convectivo, ya que $(0.90^3 * 40 = 29.16 \geq 10 m^3.K)$. Convección turbulenta libre, se utiliza la ecuación (1.9).

$$h_{cv} = 1.74 \sqrt[3]{40} = 5.95 \frac{W}{m^2.^\circ C}$$

$$\therefore h_e = 4.88 \frac{W}{m^2 * C} + 5.95 \frac{W}{m^2.^\circ C} = 10.83 \frac{W}{m^2.^\circ C}$$

Calculando coeficiente global de transferencia de calor mediante la ecuación (1.3)

$$U = \frac{1}{0 + \frac{\ln(0.45/0.448)}{2 * \pi * 16 * 0.55} + \frac{1}{10.83 * 0.45}} = 4.87 \frac{W}{m^2.^\circ C}$$

$$\Rightarrow \text{ecu. (1.1)} \quad \dot{Q}_{Lat.} = 4.87 \frac{W}{m^2 * ^\circ C} * 1.55 m^2 * (60^\circ C - 20^\circ C) / 1000 = 0.30 \frac{KJ}{s}$$

b) Calor por la pared inferior, se calcula mediante la ecuación (1.1)

Datos:

$$k_{acero \text{ inox.}} = 16 \frac{W}{m.K} \text{ (anexo A-3.2)}$$

$$A = \pi * \frac{0.90^2}{4} = 0.64 m^2$$

$$\begin{aligned}
 T_2 &= 20\text{ }^{\circ}\text{C} = 293.15\text{ K} \\
 T_1 &= 60\text{ }^{\circ}\text{C} = 333.15\text{ K} \\
 e &= 0.002\text{ m} \\
 h_e &= 10.83 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}} \text{ calculado en el paso anterior.}
 \end{aligned}$$

Coeficiente de convección interno h_i muy alto, se desprecia según (Refrigeración, 2007)

Calculando coeficiente global de transferencia de calor mediante la ecuación (1.2)

$$U = \frac{1}{0 + \frac{0.002}{16} + \frac{1}{10.83 * 0.64}} = 6.93 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}}$$

$$\Rightarrow \text{ecu. (1.1)} \quad \dot{Q}_{inf.} = 6.93 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}} * 0.64 \text{m}^2 * (60^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C})/1000 = 0.18 \frac{\text{KJ}}{\text{s}}$$

c) Calor por la parte superior, se calcula mediante la ecuación (1.14), convección libre porque esta direccionado al ambiente.

Datos:

$$h_{agua.} = 500 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}} \text{ según (Martinez, 1992)}$$

$$A = \pi * \frac{0.90^2}{4} = 0.64 \text{ m}^2$$

$$T_{ext.} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{int.} = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\dot{Q}_{sup.} = 500 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}} * 0.64 \text{m}^2 * (60^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C})/1000 = 12.8 \frac{\text{kJ}}{\text{s}}$$

➤ **Sumando las cargas térmicas de la olla de ablandado de plumas**

Olla de ablandado de plumas:

$$\dot{Q}_{Lat.} + \dot{Q}_{inf.} + \dot{Q}_{sup.} = \frac{\text{kJ}}{\text{s}}$$

$$0.30 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} + 0.18 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} + 12.8 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} = 13.28 \frac{\text{kJ}}{\text{s}}$$

B. Cargas térmicas de la olla para desinfección

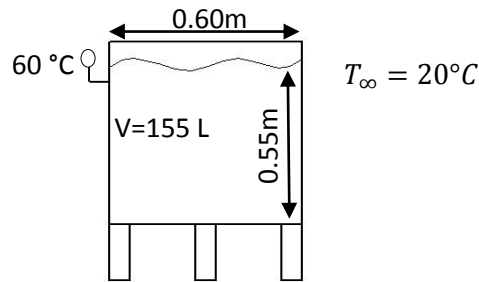


Figura 3.2, operación de olla para desinfección del pollo.

Tenemos como dato que el agua se calienta de 20°C a 60°C en un régimen transitorio, por lo tanto asumimos que la temperatura promedio será de 50°C para simplificar los cálculos con régimen estacionario.

a) **Calor por la pared lateral**, se calcula mediante la ecuación (1.1)

Datos:

$$k_{\text{acero inox.}} = 16 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} \text{ (anexo A-3.2)}$$

$$A = \pi * 0.60 * 0.55 = 1.04 \text{ m}^2$$

$$T_2 = 20 \text{ °C} = 293.15 \text{ K}$$

$$T_1 = 50 \text{ °C} = 323.15 \text{ K}$$

$$r_1 = 0.298 \text{ m}$$

$$r_2 = 0.30 \text{ m}$$

$$H = 0.55 \text{ m}$$

Coeficiente de convección interno h_i muy alto, se desprecia según (Refrigeración, 2007)

Coeficiente de convección externo h_e se calcula mediante la ecuación (1.4)

Para h_r coeficiente radiactivo se utilizan las ecuaciones (1.5; 1.6; 1.7)

$$a_t = \frac{328.15^4 \text{ K} - 293.15^4 \text{ K}}{328.15 \text{ K} - 293.15 \text{ K}} = 1.17 * 10^8 \text{ K}^3$$

$\varepsilon = 0.7$ (anexo A-3.3)

$$C_r = 0.7 * 5.67 * 10^{-8} \frac{W}{m^2 * K^4} = 3.969 * 10^{-8} \frac{W}{m^2 * K^4}$$

$$h_r = 1.17 * 10^8 k^3 * 3.969 * 10^{-8} \frac{W}{m^2 * K^4} = 4.64 \frac{W}{m^2 * K}$$

Para h_{cv} coeficiente superficie convectivo, ya que $(0.60^3 * 30 = 6.48 \leq 10 m^3.K)$.

Convección laminar libre, se utiliza la ecuación (1.8).

$$h_{cv} = 1.32 \sqrt[4]{\frac{30}{0.55}} = 3.58 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

$$\therefore h_e = 4.64 \frac{W}{m^2 * C} + 3.58 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} = 8.23 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

Calculando coeficiente global de transferencia de calor mediante la ecuación (1.3)

$$U = \frac{1}{0 + \frac{\ln(0.30/0.298)}{2 * \pi * 16 * 0.55} + \frac{1}{8.23 * 0.30}} = 2.47 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

$$\Rightarrow \text{ecu. (1.1)} \quad \dot{Q}_{Lat.} = 2.47 \frac{W}{m^2 * ^\circ C} * 0.28 m^2 * (50^\circ C - 20^\circ C) / 1000 = 0.020 \frac{kJ}{s}$$

b) Calor por la pared inferior, se calcula mediante la ecuación (1.1)

Datos:

$$k_{acero \text{ inox.}} = 16 \frac{W}{m * K} \text{ (anexo A-3.2)}$$

$$A = \pi * \frac{0.60^2}{4} = 0.28 m^2$$

$$T_2 = 20^\circ C = 293.15 K$$

$$T_1 = 50^\circ C = 323.15 K$$

$$e = 0.002 m$$

$$h_e = 8.23 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \text{ calculado en el paso anterior.}$$

Coeficiente de convección interno h_i muy alto, se desprecia según (Refrigeración, 2007)

Calculando coeficiente global de transferencia de calor mediante la ecuación (1.2)

$$U = \frac{1}{0 + \frac{0.002}{16} + \frac{1}{8.23 * 0.28}} = 2.30 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$$

$$\Rightarrow \text{ecu. (1.1)} \quad \dot{Q}_{inf.} = 2.30 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} * 0.28 m^2 * (50^\circ C - 20^\circ C) = 0.019 \frac{KJ}{s}$$

c) Calor por la parte superior, se calcula mediante la ecuación (1.14), convección libre porque esta direccionado al ambiente.

Datos:

$$h_{agua.} = 500 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \text{ según (Martinez, 1992)}$$

$$A = \pi * \frac{0.60^2}{4} = 0.28 m^2$$

$$T_{ext.} = 20^\circ C$$

$$T_{int.} = 50^\circ C$$

$$\dot{Q}_{sup.} = 500 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} * 0.28 m^2 * (50^\circ C - 20^\circ C) / 1000 = 4.2 \frac{kJ}{s}$$

➤ **Sumando las cargas térmicas de la olla de desinfección**

Olla de desinfección:

$$\dot{Q}_{Lat.} + \dot{Q}_{inf.} + \dot{Q}_{sup.} = \frac{kJ}{h}$$

$$0.020 \frac{kJ}{s} + 0.019 \frac{kJ}{s} + 4.2 \frac{kJ}{s} = 4.24 \frac{kJ}{s}$$

3.3 Consumo de vapor en planta

3.3.1 Cálculo de flujo de vapor de ingreso a las ollas de operación

Teniendo como dato:

- Caldera debe producir 4 bar de presión según Norma Peruana 350.301.2004.
- Las pérdidas de energía por las tuberías aisladas serán del 99.5 % según (Refrigeración, 2007)

Datos:

$$h_{vapor\ 4\ bar} = 2738.55 \frac{kJ}{kg} \text{ (anexo A-3.5)}$$

$$\dot{Q}_{pérd.tuberia\ ais} = 99.5 \%$$

$$h_{vapor\ llegada\ ollas} = 2738.55 \frac{kJ}{kg} * 0.995 = 2724.85 \frac{kJ}{kg}$$

3.3.2 Cálculo del flujo de vapor para calentar agua en las ollas de operación

Conociendo que:

- Perdidas de calor en la olla de ablandado de plumas es de 13.2 kJ/s.
- Perdidas de calor en la olla de ablandado de plumas es de 4.24 kJ/s.
- Tiempo de calentamiento de agua en las ollas de ablandado de 20°C a 90°C debe ser de 10 minutos.
- Tiempo de calentamiento de agua en las ollas de desinfección de 20°C a 60°C debe ser de 10 minutos.

Basándose en las teorías de la conservación de energía y masa determinamos la siguiente ecuación:

$$(\dot{m}_{vapor} * h_{vapor}) + (\dot{m}_{H_2O\ fria} * h_{H_2O\ fria}) = (\dot{m}_{H_2O\ caliente} * h_{H_2O\ caliente}) + \dot{Q}_{pérdidas}$$

A. Flujo másico en la olla de ablandado de plumas

Datos:

$$h_{vapor} = 2724.85 \frac{kJ}{kg} \text{ calculado en flujo de vapor de ingreso a las ollas.}$$

$$m_{H_2O\ 20^{\circ}C} = 350 \text{ litros} = 350\text{kg}$$

$$h_{H_2O\ 20^{\circ}C} = 83.91 \frac{kJ}{kg} \text{ (anexo A-3.4)}$$

$$m_{H_2O\ 90^{\circ}C} = 350 \text{ kg} + \dot{m}_v$$

$$h_{H_2O\ 90^{\circ}C} = 377.04 \frac{kJ}{kg} \text{ (anexo A-3.4)}$$

$$Q_{p\acute{e}rdidas} = 13.2 \frac{kJ}{s} = \frac{600s}{10 \text{ min.}} = 7920 \frac{kJ}{10 \text{ min.}}$$

$$\left(\dot{m}_v * 2724.85 \frac{kJ}{kg}\right) + \left(350 \text{ kg} * 83.91 \frac{kJ}{kg}\right) = \left((350 \text{ kg} + \dot{m}_v) 377.04 \frac{kJ}{kg}\right) + 7920 \frac{kJ}{10min}$$

$$2724.85 \dot{m}_v + 29368.5 = 377.04 \dot{m}_v + 131964 + 7920$$

$$\dot{m}_v(2724.85 - 377.04) = 131964 + 7920 - 29368.5$$

$$m_{vapor} = \frac{131964 + 7920 - 29368.5}{2724.85 - 377.04} = 47.07 \frac{kg}{10 \text{ min}}$$

B. Flujo másico en la olla de desinfección de pollo

Datos:

$$h_{vapor} = 2724.85 \frac{kJ}{kg} \text{ calculado en flujo de vapor de ingreso a las ollas.}$$

$$m_{H_2O\ 20^{\circ}C} = 155 \text{ litros} = 155\text{kg}$$

$$h_{H_2O\ 20^{\circ}C} = 83.91 \frac{kJ}{kg} \text{ (anexo A-3.4)}$$

$$m_{H_2O\ 60^{\circ}C} = 155 \text{ kg} + \dot{m}_v$$

$$h_{H_2O\ 60^{\circ}C} = 252.18 \frac{kJ}{kg} \text{ (anexo A-3.4)}$$

$$Q_{p\acute{e}rdidas} = 4.24 \frac{kJ}{s} = \frac{600s}{10 \text{ min.}} = 2544 \frac{kJ}{10 \text{ min.}}$$

$$\left(\dot{m}_v * 2724.85 \frac{kJ}{kg}\right) + \left(155 \text{ kg} * 83.91 \frac{kJ}{kg}\right) = \left((155 \text{ kg} + \dot{m}_v) 252.18 \frac{kJ}{kg}\right) + 2544 \frac{kJ}{10min}$$

$$2724.85 \dot{m}_v + 13006.05 = 252.18\dot{m}_v + 39087.9 + 2544$$

$$\dot{m}_v(2724.85 - 252.18) = 39087.9 + 2544 - 13006.05$$

$$m_{vapor} = \frac{39087.9 + 2544 - 13006.05}{2724.85 - 252.18} = 11.58 \frac{kg}{10 min}$$

➤ **Sumando consumo de vapor en las ollas de operación**

Olla de ablandado de plumas: $47.07 kg/10min$

En planta son 08 ollas de ablandado

$$\rightarrow 08 * 47.07 kg/10min = 376.56 kg/10min$$

Olla de desinfección de pollos: $11.58 kg/10min$

En planta son 06 ollas de ablandado

$$\rightarrow 06 * 11.58 kg/10min = 69.48 kg/10min$$

Consumo total de planta:

$$376.56 \frac{kg}{10min} + 69.48 \frac{kg}{10min} = 446.04 \frac{kg}{10 min}$$

3.4 Determinar la capacidad de la caldera en BHP

Obteniendo el consumo total de vapor en planta incrementamos un 20%, ecuación (1.19).

$$446.04 kg \times 1.20 = 535.25 kg$$

Determinando la capacidad en BHP ecuación (1.20).

$$BHP = \frac{535.25}{15.65} = 34.20 BHP$$

Como en el mercado no se encuentra calderas de 35 BHP, se selecciona la más cercana siendo 40 BHP

3.5 Selección de la caldera

Criterios que se tomaron para la selección de la caldera pirotubular de tres pasos a carbón de piedra:

- Mayor rendimiento de calor y ahorro de combustible, por ser de tres pasos se tiene un mejor aprovechamiento de energía calorífica de los gases de combustión.
- Bajo costo inicial, estos tipos de calderas son más económicas que las calderas horizontales por su forma y uso de combustible.
- Instalación rápida y sencilla, por su forma geométrica y tamaño.
- Ubicación y forma de la hoguera en que se quema el carbón de piedra, al estar más cerca a la distancia del operador para que pueda alimentar el carbón.
- Fácil adquisición de carbón y transporte en zonas rurales.

Con estos criterios logramos cotizar una caldera de 40 BHP a la empresa Factoría JC Industriales EIRL. Facilitando la ficha técnica de la caldera, anexo A-3.6.

Precio caldera con sistema de tratamiento de agua S/ 110,800.00 soles (PEN).

3.6 Dimensionar tubería de transporte para vapor

3.6.1 Tubo de ingreso a la olla de ablandado

Primero se calcula el flujo volumétrico mediante la ecuación (1.22)

Datos:

$$\dot{m} = 47.07 \frac{kg}{10 \text{ min}} * \frac{10 \text{ min}}{600s} = 0.078 \frac{kg}{s}$$

$$v = 0.46 \text{ m}^3/kg \text{ (anexo A-3.5)}$$

$$\dot{V} = 0.46 \frac{\text{m}^3}{kg} * 0.078 \frac{kg}{s} = 0.036 \frac{\text{m}^3}{s}$$

Dimensionando la tubería por su velocidad ecuación (1.24)

Datos:

$$C = 25 \text{ m/s según (SPIRAX SARCO S.A.)}$$

$$\dot{V} = 0.036 \text{ m}^3/s.$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 0.037 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi * 25 \text{ m/s}}} = 0.0146 \text{ m} = 14.6 \text{ mm}$$

Seleccionar del catálogo (anexo A-1.2) el tubo de 1/2" SCH 40 por tener diámetro menor más aproximado a 14.6mm.

3.6.2 Tubo de ingreso a la de olla de desinfección

Primero se calcula el flujo volumétrico mediante la ecuación (1.22)

Datos:

$$\dot{m} = 11.58 \frac{\text{kg}}{10 \text{ min}} * \frac{10 \text{ min}}{600 \text{ s}} = 0.019 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$v = 0.46 \text{ m}^3/\text{kg} \text{ (anexo B-3)}$$

$$\dot{V} = 0.46 * 0.019 = 0.00874 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Dimensionando la tubería por su velocidad ecuación (1.24)

Datos:

$$C = 25 \text{ m/s} \text{ según (SPIRAX SARCO S.A.)}$$

$$\dot{V} = 0.00874 \text{ m}^3/\text{s}.$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 0.00874 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi * 25 \text{ m/s}}} = 0.0115 \text{ m} = 11.5 \text{ mm}$$

Seleccionar del catálogo (anexo A-1.2) el tubo de 3/8" SCH 40 por tener diámetro más aproximado a 11.5 mm.

3.6.3 Dimensionamiento del colector de vapor

Teniendo en cuenta que la caldera es de 40 BHP a 4 bar de presión, con flujo de vapor de 626 kg/h; para calcular el flujo volumétrico mediante la ecuación (1.22)

Datos:

$$\dot{m} = 626 \frac{kg}{h} * \frac{1 h}{3600s} = 0.174 \frac{kg}{s}$$

$$v = 0.46 m^3/kg \text{ (anexo B-3)}$$

$$\dot{V} = 0.46 * 0.37 = 1.04 \frac{m^3}{s}$$

Dimensionando el colector por su velocidad ecuación (1.24)

Datos:

C = 5m/s. Velocidad recomendada para colectores (SPIRAX SARCO S.A.)

$$\dot{V} = 1.04 m^3/s.$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 1.04 m^3/s}{\pi * 5 m/s}} = 0.192 m = 192mm$$

Seleccionar del catálogo (anexo A-1.2) el tubo de 8" SCH 40 por tener diámetro más aproximado a 192 mm.

➤ Diámetro y profundidad del pozo para condensado de vapor, anexo A-1.3

Diámetro del colector 8" = 219.1 mm (anexo A-1.2)

Diámetro del pozo: 8"/2 = 4"

Profundidad del pozo: 8"

3.6.4 Tubo de ingreso al colector

Teniendo en cuenta que la caldera es de 40 BHP a 4 bar de presión, con flujo de vapor de 626 kg/h; para calcular el flujo volumétrico mediante la ecuación (1.22)

Datos:

$$\dot{m} = 626 \frac{kg}{h} * \frac{1 h}{3600s} = 0.174 \frac{kg}{s}$$

$$v = 0.46 m^3/kg \text{ (anexo B-3)}$$

$$\dot{V} = 0.46 * 0.37 = 1.04 \frac{m^3}{s}$$

Dimensionando la tubería por su velocidad ecuación (1.24)

Datos:

C = 50m/s. Tubos de ingreso a colectores según (SPIRAX SARCO S.A.).

$$\dot{V} = 1.04 \text{ m}^3/\text{s}.$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * 1.04 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi * 5 \text{ m}/\text{s}}} = 0.665 \text{ m} = 66.5 \text{ mm}$$

Seleccionar del catálogo (anexo A-1.2) el tubo de 3" SCH 40 por tener diámetro más aproximado a 79.5 mm.

3.7 Dimensión de aislamiento para tubería de transporte de vapor

Se debe determinar en tramos las tuberías para diferenciar los diámetros y distancias, anexo A-3.1.

3.7.1 Tramo A

Está ubicada entre la salida de la caldera hasta la entrada del colector; siendo la caldera de 40 BHP a 4 bar de presión.

Datos:

$$\dot{m}_v = \frac{40 \text{ BHP} * 15.65 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}{3600 \text{ s}} = 0.174 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$h_{v \text{ 4 bar}} = 2738.55 \text{ (KJ/kg)}. \text{ Anexo A-3.5}$$

$$\eta_{ais} = 99.5 \% \text{ eficiencia térmica (Refrigeración, 2007).}$$

$$L_{tuberia} = 12 \text{ m (anexo A-3.1).}$$

$$k_{ais} = 0.05 \text{ (W/m } ^\circ\text{C)} \text{ lana de vidrio (anexo A -3.7)}$$

$$T_{des} = 144 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ (anexo A-3.5)}$$

$$T_{ais} = 40 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ Temperatura superficie aislante según (Refrigeración, 2007)}$$

$$D_{ext} = \text{Tubo 3"} = 88.9 \text{ mm} \cong 0.0889 \text{ m (anexo A-1.2)}$$

a) Flujo térmico total a transportar, ecuación (1.28).

$$Q_{total} = 0.174 \frac{\text{kg}}{\text{s}} * 2738.55 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}} = 476.2 \text{ KW}$$

b) Calor perdido en tubería con aislante, ecuación (1.29).

$$Q_{perdido} = 476.2 \text{ KW} * (1 - 0.995) = 2.38 \text{ KW} \cong 2380 \text{ W}$$

c) Pérdida de calor por metro, ecuación (1.30).

$$\dot{q} = \frac{2380 \text{ W}}{13 \text{ m}} = 183.08 \frac{\text{W}}{\text{m}}$$

d) Diámetro exterior del aislante, ecuación (1.26).

$$D_{ext} = 0.0889 \text{ m} * e^{\frac{2\pi \cdot 0.05 \cdot (144 - 40)}{183.08}} = 0.106 \text{ m}$$

e) Espesor del aislante, ecuación (1.27).

$$\delta_{ais} = \frac{0.106 - 0.0889}{2} = 0.022 \text{ m} \cong 1"$$

3.7.2 Tramo B

Está ubicada entre el colector y la olla de ablandado de plumas; se considera el mismo tramo para las 8 ollas de operación

Datos:

$$\dot{m}_v = 49.36 \frac{\text{kg}}{10 \text{ min}} * \frac{10 \text{ min}}{600 \text{ s}} = 0.082 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$h_{v \text{ 4 bar}} = 2738.55 \text{ (KJ/kg)}. \text{ Anexo A-3.5}$$

$$\eta_{ais} = 99.5 \% \text{ Eficiencia térmica (Refrigeración, 2007).}$$

$$L_{tuberia} = 20 \text{ m (anexo A-3.1).}$$

$$k_{ais} = 0.05 \text{ (W/m } ^\circ\text{C)} \text{ Lana de vidrio (anexo A -3.7)}$$

$$T_{des} = 144 \text{ } ^\circ\text{C (anexo A-3.5).}$$

$$T_{ais} = 40 \text{ } ^\circ\text{C Temperatura superficie aislante según (Refrigeración, 2007)}$$

$$D_{ext} = \text{Tubo } 1/2" = 21.3 \text{ mm} \cong 0.0213 \text{ m (anexo A-1.2).}$$

a) Flujo térmico total a transportar, ecuación (1.28).

$$Q_{total} = 0.082 \frac{kg}{s} * 2738.55 \frac{kJ}{kg} = 224.56 \text{ kw}$$

b) Calor perdido en tubería con aislante, ecuación (1.29).

$$Q_{perdido} = 224.56 \text{ KW} * (1 - 0.995) = 1.1228 \text{ KW} \cong 1122.8 \text{ W}$$

c) Pérdida de calor por metro, ecuación (1.30).

$$\dot{q} = \frac{1122.87 \text{ W}}{20 \text{ m}} = 56.14 \frac{\text{W}}{\text{m}}$$

d) Diámetro exterior del aislante, ecuación (1.26).

$$D_{ext} = 0.0213 \text{ m} * e^{\frac{2\pi \cdot 0.05 (144-40)}{56.14}} = 0.0981 \text{ m}$$

e) Espesor del aislante, ecuación (1.27).

$$\delta_{ais} = \frac{0.0981 - 0.0213}{2} = 0.018 \text{ m} \cong 1"$$

3.7.3 Tramo C

Está ubicada entre el colector y la olla de desinfección; se considera el mismo tramo para las 6 ollas de operación.

Datos:

$$\dot{m}_v = 20.66 \frac{kg}{10 \text{ min}} * \frac{10 \text{ min}}{600 \text{ s}} = 0.034 \frac{kg}{s}$$

$$h_v \text{ 4 bar} = 2738.55 \text{ (KJ/kg)} \text{ (anexo A-3.5).}$$

$$\eta_{ais} = 99.5 \% \text{ Eficiencia térmica según (Refrigeración, 2007).}$$

$$L_{tuberia} = 25 \text{ m (anexo A-3.1).}$$

$$k_{ais} = 0.05 \text{ (W/m } ^\circ\text{C)} \text{ Lana de vidrio (anexo A -3.7).}$$

$$T_{des} = 144 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ (anexo A-3.5).}$$

$$T_{ais} = 40 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ Temperatura superficie aislante según (Refrigeración, 2007).}$$

$$D_{ext} = \text{Tubo } 3/8" = 17.1 \text{ mm} \cong 0.0171 \text{ m (anexo A-1.2).}$$

a) Flujo térmico total a transportar, ecuación (1.28).

$$Q_{total} = 0.034 \frac{kg}{s} * 2738.55 \frac{kJ}{kg} = 93.11 \text{ KW}$$

b) Calor perdido en tubería con aislante, ecuación (1.29).

$$Q_{perdido} = 93.11 \text{ kw} * (1 - 0.995) = 0.465 \text{ kw} \cong 465 \text{ W}$$

c) Pérdida de calor por metro, ecuación (1.30).

$$\dot{q} = \frac{465 \text{ W}}{25 \text{ m}} = 18.62 \frac{\text{W}}{\text{m}}$$

d) Diámetro exterior del aislante, ecuación (1.26).

$$D_{ext} = 0.0171 \text{ m} * e^{\frac{2\pi \cdot 0.05 (144-40)}{18.62}} = 0.0658 \text{ m}$$

e) Espesor del aislante, ecuación (1.27).

$$\delta_{ais} = \frac{0.0658 - 0.0171}{2} = 0.023 \text{ m} \cong 1"$$

3.7.4 Tramo D

Este tramo se le va a denominar al colector de vapor.

Datos:

$$\dot{m}_v = \frac{40 \text{ BHP} * 15.65 \frac{kg}{h}}{3600 \text{ s}} = 0.174 \frac{kg}{s}$$

$$h_{v \text{ 4 bar}} = 2738.55 \text{ (kJ/kg)} \text{ (anexo A3.5)}$$

$$\eta_{ais} = 99.5 \% \text{ Eficiencia térmica según (Refrigeración, 2007).}$$

$$L_{colector} = 2.5 \text{ m (anexo A-3.1).}$$

$$k_{ais} = 0.05 \text{ (W/m } ^\circ\text{C)} \text{ Lana de vidrio (anexo A -3.7)}$$

$$T_{des} = 144 \text{ } ^\circ\text{C (anexo A-3.5).}$$

$$T_{ais} = 40 \text{ } ^\circ\text{C Temperatura superficie aislante según (Refrigeración, 2007)}$$

$$D_{ext} = \text{Tubo 8"} = 219.1 \text{ mm} \cong 0.2191 \text{ m (anexo A-1.2)}$$

a) Flujo térmico total a transportar, ecuación (1.28).

$$Q_{total} = 0.174 \frac{kg}{s} * 2738.55 \frac{kJ}{kg} = 476.2 \text{ kw}$$

b) Calor perdido en el colector con aislante, ecuación (1.29).

$$Q_{perdido} = 476.2 \text{ kw} * (1 - 0.995) = 2.38 \text{ kw} \cong 2380 \text{ W}$$

c) Pérdida de calor por metro, ecuación (1.30).

$$\dot{q} = \frac{2380 \text{ W}}{2.5 \text{ m}} = 952 \frac{\text{W}}{\text{m}}$$

d) Diámetro exterior del aislante, ecuación (1.26).

$$D_{ext} = 0.2191 \text{ m} * e^{\frac{2\pi \cdot 0.05 \cdot (144 - 40)}{952}} = 0.258 \text{ m}$$

e) Espesor del aislante, ecuación (1.27).

$$\delta_{ais} = \frac{0.258 - 0.2191}{2} = 0.019 \text{ m} \cong 1"$$

3.8 Cálculo del consumo de combustible con carbón de piedra

Determinamos el consumo de combustible en su producción máxima de la caldera para calentar el agua en las ollas de operación y en su producción mínima de la caldera para mantener las temperaturas en las ollas de operación. Obteniendo los datos de la ficha técnica incluida en la cotización de la caldera anexo A-3.6.

$$BHP = 40 \text{ BHP} * 15.65 \frac{kg}{h} = 626 \frac{kg}{h}$$

$$\eta_{caldera} = 76 \%$$

$$T_{agua} = 65 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

$$P_{calera} = 4 \text{ bar}.$$

Combustible = carbón de piedra.

3.8.1 Consumo de combustible para calentar agua en las ollas de operación

Calculamos el flujo de combustible cuando se calienta el agua en las ollas de operación desde su T_{inical} hasta llegar a su T_{final} de operación, trabajando con la capacidad máxima de la caldera; utilizamos la ecuación (1.33).

Datos:

$$\dot{m}_v = 626 \text{ kg/h.}$$

$$h_{agua\ 65^\circ\text{C}} = 272.12 \text{ kJ/kg. Anexo A-3.4}$$

$$h_{vap\ 4\text{ bar}} = 2738.55 \text{ kJ/kg. Anexo A-3.5}$$

$$PCI_{carbon} = 7.780 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} * 4.184 \frac{\text{kJ}}{\text{kcal}} = 32552 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \text{ Tabla 1.1}$$

$$\dot{m}_{cble} = \frac{626 \frac{\text{kg}}{\text{h}} (2738.55 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 272.12 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}})}{32552 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} * 0.76} = 62.4 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

3.8.2 Consumo de combustible para mantener las temperatura en las ollas

- a) Calculamos el flujo de vapor manteniendo las temperaturas adecuadas en las ollas de operación $90^\circ\text{C} - 80^\circ\text{C}$, basándose en las teorías de la conservación de energía y masa se utiliza la ecuación:

$$\dot{m}_{vapor}(h_{vapor} - h_{agua}) = \dot{Q}_{pérdidas\ de\ ollas}$$

- Para las ollas de ablandado se trabajara con una temperatura media de 85°C .

Datos:

$$h_{agua\ 85^\circ\text{C}} = 356.02 \text{ kJ/kg. Anexo A-3.4}$$

$$h_{vap\ 4\text{ bar}} = 2738.55 \text{ kJ/kg. Anexo A-3.5}$$

$$\dot{Q}_{pérdidas} = 13.2 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} * \frac{3600\text{s}}{1\text{ h}} = 47520 \frac{\text{kJ}}{\text{h}} \text{ calor perdido en ollas de ablandado.}$$

$$\dot{m}_{vapor} \left(2738.55 \frac{kJ}{kg} - 356.02 \frac{kJ}{kg} \right) = 47520 \frac{kJ}{h}$$

$$\dot{m}_{vapor} = \frac{47520 \frac{kJ}{h}}{2738.55 \frac{kJ}{kg} - 356.02 \frac{kJ}{kg}} = 19.95 \frac{kg}{h}$$

➤ Para las ollas de desinfección se trabajara con una temperatura media de 55°C.

Datos:

$$h_{agua\ 55^{\circ}C} = 230.26 \text{ kJ/kg. Anexo A-3.4}$$

$$h_{vap\ 4\ bar} = 2738.55 \text{ kJ/kg. Anexo A-3.5}$$

$$\dot{Q}_{pérdidas} = 4.24 \frac{kJ}{s} * \frac{3600s}{1\ h} = 15264 \frac{kJ}{h} \text{ calor perdido en ollas de desinfección.}$$

$$\dot{m}_{vapor} \left(2738.55 \frac{kJ}{kg} - 230.26 \frac{kJ}{kg} \right) = 15264 \frac{kJ}{h}$$

$$\dot{m}_{vapor} = \frac{15264 \frac{kJ}{h}}{2738.55 \frac{kJ}{kg} - 230.26 \frac{kJ}{kg}} = 6.08 \frac{kg}{h}$$

Sumando flujo de vapor de ambas ollas:

$$19.95 \frac{kg}{h} + 6.08 \frac{kg}{h} = 26.04 \frac{kg}{h}$$

$$26.04 \frac{kg}{h} * 9 \text{ horas de trabajo} = 234.32 \frac{kg}{9 \text{ horas}}$$

b) Calculamos el flujo de combustible para mantener la temperatura del agua en las ollas de operación, con el flujo de vapor hallado; utilizamos la ecuación (1.33).

Datos:

$$\dot{m}_v = 234.32 \text{ kg/9horas.}$$

$$h_{agua\ 65^{\circ}C} = 272.12 \text{ kJ/kg. Anexo A-3.4}$$

$$h_{vap\ 4\ bar} = 2738.55 \text{ kJ/kg. Anexo A-3.5}$$

$$PCI_{carbon} = 7.780 \frac{kcal}{kg} * 4.184 \frac{kJ}{kcal} = 32552 \frac{kJ}{kg} \text{ Tabla 1.1}$$

$$\dot{m}_{cble} = \frac{234.32 \frac{kg}{9 \text{ horas}} (2738.55 \frac{kJ}{kg} - 272.12 \frac{kJ}{kg})}{32552 \frac{kJ}{kg} * 0.76} = 236.87 \frac{kg}{9 \text{ horas}}$$

3.8.3 Consumo de combustible para producción de vapor en planta

Sabemos que se trabaja 10 horas día en la planta, tenemos:

Para calentamiento de agua en ollas de operación: 62.4 kg/h

Para calentamiento de agua en ollas de operación: 348.68 kg/9h

$$62.4 + 235.87 = 298.27 \frac{kg}{día}$$

3.9 Análisis económico financiero del costo de combustible

3.9.1 Costo de combustible del proceso actual

El proceso actual (anexo A-1.1) consta de 14 balones de gas de 10 kg, una para cada olla de operación, con un costo de S/ 35.00 soles (PEN) cada uno.

$$14 \text{ balones} \times 35.00 \text{ PEN} = 49.00 \text{ PEN}$$

El costo de gas propano es de S/ 490.00 soles para 10 horas de trabajo al día.

3.9.2 Costo de combustible del proceso propuesto

Para el sistema de vapor propuesta anexo A-1.2 se consume 298.27 kg de carbón, con un costo de S/ 500.00 soles (PEN)/ tonelada (Tn),

$$298.27 \frac{kg}{h} \times \frac{500 \frac{PEN}{Tn}}{1000 kg} = 149.14 \text{ PEN}$$

3.9.3 Ahorro anual del costo de combustible

Con gas propano tenemos:

$$490.00 \text{ NS} \times 365 \text{ días} = 178,850.00 \text{ PEN/año}$$

Con carbón de piedra tenemos:

$$149.14 \text{ PEN} \times 365 \text{ días} = 54,434.23 \text{ PEN/año}$$

Ahorro anual del consumo de combustible:

$$178,850.00 \frac{\text{PEN}}{\text{año}} - 54,434.23 \frac{\text{PEN}}{\text{año}} = 124,415.73 \frac{\text{PEN}}{\text{año}}$$

3.9.4 Retorno de inversión:

Para invertir en el sistema de vapor tiene un costo de S/ 110,800.00 soles (PEN).

Ahorro en combustible es S/ 124,415.73 soles (PEN).

$$ROI = \frac{124,415.73 - 110,800.00}{110,800.00} \times 100 = 12\%$$

El retorno de inversión es el 12%

3.10 Selección de accesorios para media de protección y control

3.10.1 Selección del manómetro de presión

Para poder controlar la presión de vapor de ingreso a planta se debe colocar un manómetro de presión en el colector de vapor (manifold).

Rango del manómetro no debe exceder del 75% de la presión de trabajo (Thomasset, 2005), siendo 4 bar de presión de la caldera.

$$4 \text{ bar} \times 0.75 = 7 \text{ bar}$$

Con este resultado se selecciona el manómetro economy PEM marca winters anexo 3.8.

3.10.2 Selección de válvulas

Se coloca a la salida colector de vapor para cada olla de operación y a la entrada del colector proveniente de la caldera.

➤ Olla de ablandado de plumas:

Diámetro de tubo: 1/2".

Temperatura de trabajo: 144 °C.

Presión de trabajo: 4 bar

Velocidad de flujo: 25 m/s

➤ Olla de desinfección:

Diámetro de tubo: 3/4".

Temperatura de trabajo: 144 °C.

Presión de trabajo: 4 bar

Velocidad de flujo: 25 m/s

Teniendo en cuenta estos criterios de operación se selecciona las válvulas bola de bronce marca apollo SERIE 70/70LF anexo A-3.9

➤ Entrada al colector:

Diámetro de tubo: 3".

Temperatura de trabajo: 144 °C.

Presión de trabajo: 4 bar

Velocidad de flujo: 50 m/s

Teniendo en cuenta estos criterios de operación se selecciona las válvulas bola de bronce marca apollo SERIE 610 - 611 anexo A-3.10

IV. Discusión

- 4.1 El sistema de vapor propuesto en este trabajo consta de un generador de vapor (caldera), transporte y distribución de vapor (tuberías aisladas); y se diseñó tomando en cuenta el proceso de pelado de pollo; disminuir las pérdidas económicas del anterior proceso donde tenía un exceso consumo de combustible. Según el antecedente presentados Armijos (2012), expone que el sistema de lavado de cueros en planta es de forma artesanal y para ello propone el diseño y construcción de un sistema de calentamiento para mayor rendimiento y aminorar los costos de producción.
- 4.2 Las cargas térmicas en la olla de ablando de plumas para calentar 350 kg/agua de 20°C a 90°C es de 13.2 kJ/s por cada olla; en la olla de desinfección para calentar 155 kg/agua de 20°C a 60°C es de 4.24 kJ/s por cada olla. Esta carga térmica se determinó tomando en cuenta las pérdidas de calor por conducción, convección, tiempo de calentamiento de agua, temperatura inicial y final del agua, cantidad de agua a calentar en cada olla. Armijos (2012), determina el caudal máximo de operación siendo 1377.3 lt de agua en un lapso de 30 minutos a una temperatura de 35 °C, con estos datos realizo la demanda energética requerida de 70.4 kw
- 4.3 El flujo de vapor se determinó basándose en las ecuaciones de la conservación de masa y energía teniendo como resultado 446 kg/10 minutos de vapor consumido en planta.
- 4.4 La capacidad de la caldera es de 40 BHP, sabiendo que el consumo de vapor en planta es de 446 kg/10 minutos e incrementando un 20 % por factor de seguridad. Vieira (2016), en el estudio realizado en su tesis tuvo que conocer los procesos productivos para ver los equipos consumidores de vapor llegando a un punto crítico 997 kg/h para lograr determinar la capacidad de la caldera en 70 BHP

- 4.5 Se seleccionó la caldera vertical de tres pasos a carbón con el criterio de su bajo costo de adquisición, fácil instalación y su costo mínimo de combustible en carbón de piedra.
- 4.6 El diámetro de tubos para la distribución de vapor son desde $\frac{1}{2}$ " hasta 3" de diámetro, estos diámetros se determinó con las velocidad recomendada por el manual de distribución de vapor de Spirax Sarco. Viera (2016) en su tesis, obtiene los diámetros de tubo desde $\frac{1}{2}$ " hasta 2 $\frac{1}{2}$ " de diámetro para la distribución de vapor por intermedio de un software matemático TLV.
- 4.7 Para el aislamiento térmico se utilizó lana de vidrio siendo el espesor de 1", con una temperatura superficial de 40°C y perdidas de calor del 99.5% en tuberías aisladas. Prendes (2016), explico el cálculo del espesor del aislamiento con una eficiencia térmica del 99%, teniendo una pérdida máxima de calor del 2% en masa de la capacidad de producción de la caldera.
- 4.8 Se utiliza carbón de piedra como combustible teniendo un PCI de 32552 kJ/kg, la cual se logró determinar el consumo de combustible con las ecuaciones de conservación de masa y energía dando como resultado 298.27 kg/día.
- 4.9 El costo anual con el sistema de calentamiento de agua artesanal es de S/178,850.00 soles, con el sistema de vapor para calentar el agua es de S/54,434.23 soles al año; teniendo un ahorro de S/124,415.73 soles al año. Según Armijos (2012) con la implementación de su nuevo diseño de calentamiento logra disminuir el costo del consumo de combustible en un 30%.
- 4.10 La selección de accesorios para la medida de control y protección de la caldera se basaron en los criterios de la temperatura de trabajo, etapas de presión y velocidad de flujo.

V. Conclusiones

- 5.1 El diseño de un sistema de vapor propuesto para el calentamiento de agua en las ollas de operación cuenta con una generación y distribución de vapor.
- 5.2 El resultado de las cargas térmicas en la olla de ablandado de plumas para calentar 350 kg/agua de 20°C a 90°C es de 13.2 KJ/s por cada olla; en la olla de desinfección para calentar 155 kg/agua de 20°C a 60°C es de 4.24 KJ/s por cada olla.
- 5.3 Se determinó el flujo de vapor en la olla de ablando de plumas para calentar 350 kg/agua de 20°C a 90°C en 10 minutos, es de 4.707 kg/minutos por cada olla. En la olla de desinfección para calentar 155 kg/agua de 20°C a 60°C en 10 minutos, es de 1.158 kg/minutos por cada olla. Obteniendo como resultado el consumo total de vapor en planta de 44.604 kg/minutos, para lograr determinar la capacidad de la caldera.
- 5.4 Teniendo un consumo de vapor total en planta de 44.604 kg/minutos, se incrementa un 20% de factor de seguridad para cubrir las pérdidas de calor; obteniendo una capacidad de 40 BHP produciendo 626 kg/h en la caldera ajustándose a las necesidades planteada en las ollas de operación.
- 5.5 El análisis de la selección de la caldera vertical de tres pasos a carbón de piedra se basa por las siguientes razones: Vertical, por la ubicación y forma de la hoguera en que se quema el carbón de piedra. De tres pasos por que aprovecha el calor de los gases para generar más vapor y consumir menos combustible. Carbón de piedra, por ser más fácil de adquirir y transportar en zonas rurales; cotizando a la empresa Factoría JC Industriales la cual tiene un costo de S/ 110,800.00 soles incluido tratamiento de agua para protección de la caldera.
- 5.6 El cálculo de las tuberías de ingreso a cada olla de ablandado de plumas se realizó con un flujo másico de 0.078 kg/s y 25 m/s dando como resultado una tubería de ½" de diámetro; para las olla de desinfección se realizó con un flujo másico de 0.019 kg/s y 25 m/s dando como resultado una tubería de 3/8" de

diámetro; la tubería de ingreso al colector proveniente de la caldera se hizo con un flujo másico de 0.19 kg/s y 50 m/s obteniendo un tubo de diámetro 3". Se obtuvo un diámetro de 8" para el colector de vapor con un flujo másico de 0.174 kg/s y 5 m/s.

- 5.7 Se realizó el estudio para el espesor del aislamiento térmico de lana de vidrio siendo de 1" de espesor para el colector y tubería de transporte de vapor, con una temperatura superficial de 40°C y pérdidas de calor del 99.5% en tuberías aisladas.
- 5.8 El consumo de combustible con carbón de piedra (antracita) teniendo un PCI de 32552 KJ/kg es de 298.27 kg/día.
- 5.9 Con gas propano un costo de S/ 178,850.00 soles al año. Con el diseño de un sistema de vapor se consume S/ 54,434.23soles al año; implementado un sistema de vapor la empresa tiene un ahorro anual del consumo de combustible de S/ 124,415.73 soles con un retorno de inversión del 12%
- 5.10 Se seleccionó un manómetro economy PEM marca winters de 7bar de presión para la medición de vapor en el colector; para las válvulas de bola ubicadas en la tuberías de distribución son de marca apollo SERIE 70/70LF y SERIE 610-611 de acuerdo a su uso y capacidad de trabajo para equipo.

VI. Recomendaciones

- 6.1 Realizar el estudio de un sistema de captación del gas CO₂ a la salida de la chimenea para evitar la contaminación del ambiente.
- 6.2 Seguir con los estudios respectivos de generación de vapor para realizar el diseño de fabricación para una caldera.
- 6.3 Tener un estudio del tratamiento de agua al ingreso de la caldera para evitar corrosión en el haz de tubos de la caldera.
- 6.4 La empresa debe capacitar al personal para monitorear las medidas de protección y control del sistema de vapor.
- 6.5 Si el cliente desea incrementar su producción aumentando ollas de operación se deberá hacer un nuevo cálculo del consumo de vapor, para determinar la capacidad de la caldera, en caso contrario comunicar para hacer los cálculos incluyendo los equipos futuros.

VII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Apollo, valves. 2015. *Manual de valvulas.* USA : s.n., 2015.

Armijos Correa, Nelson Oswaldo y Morales Muyelesma, Leonardo David. 2012. *Diseño y construcción de un sistema de calentamiento de agua para curtiduría cueros & cueros.* Riobamba - Ecuador : Escuela Superior Tecnica de Chimborazo, 2012.

Cengel, Yunus A. y Boles, Michael A. 2012. *Termodinámica, 7ta Edición.* México : McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A., 2012. ISBN 978-607-15-0743-3.

Cengel, Yunus A. y Ghajar, Afhin J. 2007. *Tranferencia de Calor y Masa. Fundamentos y Aplicaciones 4ta Edición.* México, D.F. : McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A., 2007. ISBN: 978-0-07-339812-9.

Coronado Gutierrez, Idelfonso. 2016. *Costos de Combustible.* Piura : Arkafa Coronado EIRL, 2016.

Fernandez Rey, Javier. 2015. Monografias.com. [En línea] 2015. [Citado el: 28 de Junio de 2017.] <http://www.monografias.com/trabajos106/curso-distribucion-del-vapor-instalaciones-industriales/curso-distribucion-del-vapor-instalaciones-industriales.shtml>.

Isover. 2011. *Manual de Aislamiento en la Industria.* Badalona España : Mercaillament, Salvador Escoda SA, 2011.

Jutglar, Luis, Miranda, Ángel Luis y Villarubia, Miguel. 2011. *Manual de Calefacción.* Barcelona : Marcombo SA, 2011. ISBN: 978-84-267-1738-2.

Karlekar, B. V. y Desmond, R. M. 1985. *Tranferencia de calor, Edicion 2.* México D.F. : Nuevo Editorial Interamericana, 1985. 9682508959.

Kern, Donald Q. 2006. *Procesos de Transferencia de Calor.* México : McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A., 2006. ISBN: 978-968-26-1040-0.

Kohan, Anthony L. 2008. *Manual de Calderas , Volumen 1.* España : McGRAW - Hill/interamericana de España S.A.U, 2008. ISBN: 84-481-2801-1.

Martinez, Isidoro. 1992. *Termodinámica Básica y Aplicada.* Madrid - España : Dossat SA, 1992. 9788423708109.

Moro Vallina, Miguel. 2016. *Tecnología Industrial I.* España : Paraninfo SA, 2016. ISBN: 978-84-283-3366-5.

Paredes Rosario, Raúl. 2013. *Temodinámica para Ingeniería Industrial*. Lima : Universidad Privada del Norte S.A.C., 2013. ISBN 978-9972-2516-5-8.

Prendes Moreno, Samantha y Ramirez, Salazar Emilio. 2016. *Diseño de Sistema de Generación de Vapor para Planta de Confitería en Riobamba*. Guayaquil - Ecuador : Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2016.

Refrigeración, Asociación Técnica Española de Climatización y. 2007. *Guía térmica para el diseño y cálculo del aislamiento térmico de conducciones, aparatos y equipos*. Madrid - España : IDAE, 2007. 978-84-96680-08-1.

Rojas Delgado, Mario. 2008. *Perspectivas de procesamiento y uso del carbón mineral peruano*. Lima - Perú : Ingeniería Industrial, 2008. 1025-9929,.

Solla S.A. 2008. *Recomendaciones del Procesamiento de Pollo*. Lima : Dirección Nacional Avicultura Balanceado, 2008.

SPIRAX SARCO S.A. *Distribución del vapor*. Madrid - España : s.n.

Thomasset, Carlos W. . 2005. *Pequeño Manual del Foguista 8va Edición*. Montevideo - Uruguay : URUMAN Sociedad Uruguaya de Mantenimiento, Gestión de Activos y Confiabilidad, 2005.

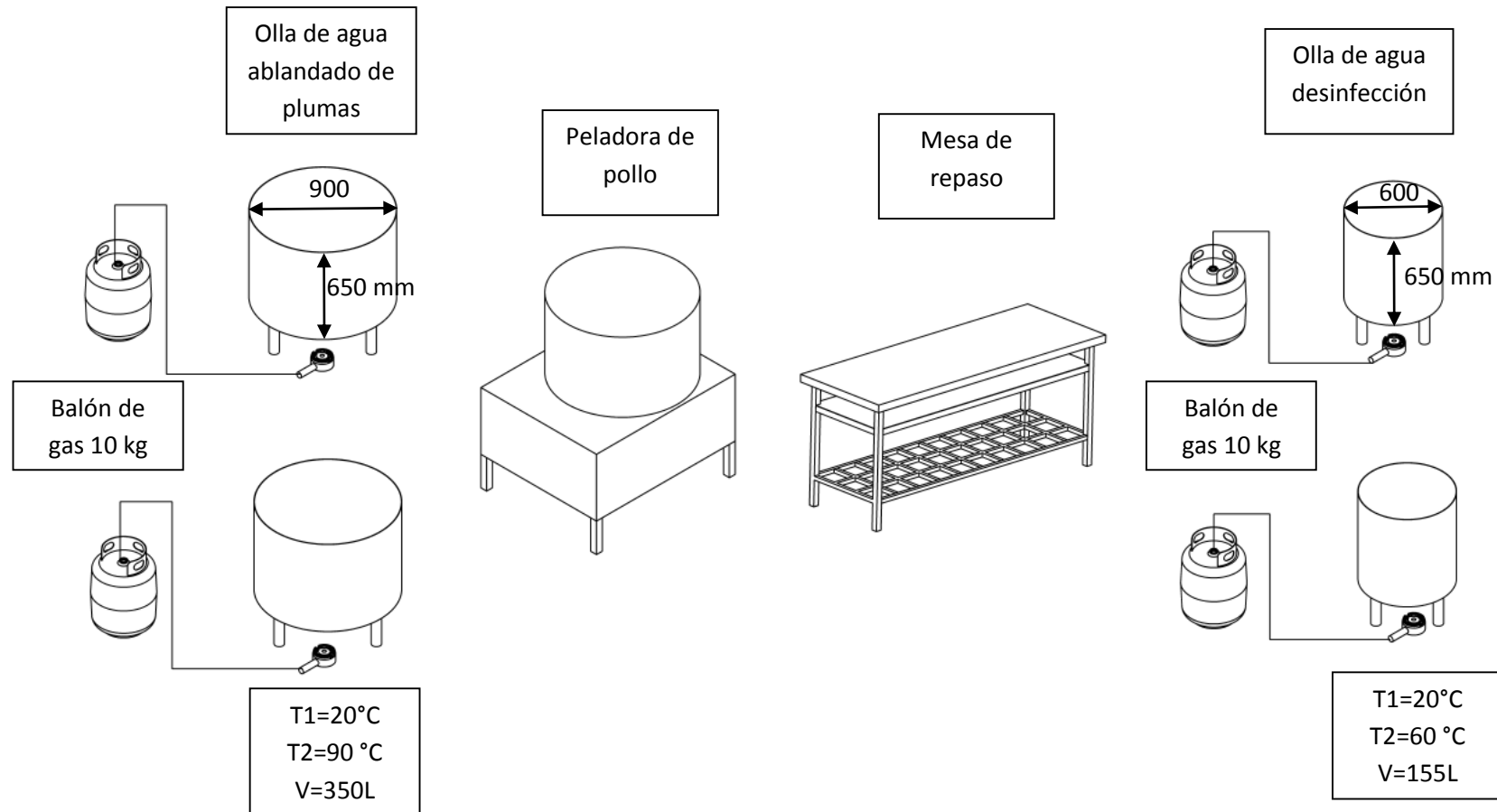
Torreguitar, Raúl y Weiss, Alfredo G. 1986. *Combustión y Generación de Vapor*. Buenos Aires - Argentina : Mellor-Goodwin S.A.C, 1986.

Uceda Martinez, Juan;. 2012. *Guía Básica de Calderas Industriales Eficientes*. España : Ministerio de la industria de energía y turismo, 2012.

Vieria Chacon , Johan Jesus. 2016. *Diseño de nuevo sistema de generación y distribución de vapor en planta Bayer La Trinidad*. Sartejanas - Venezuela : Universidad Simón Bolívar, 2016.

ANEXOS

Anexo A-1.1, Diagrama de flujo del proceso actual con fuego directo



Anexo A-1.2, Dimensiones de tubos (www.aceroscomerciales.com.pe).


aceros comerciales
El mundo del acero a tu alcance!

1/2

TUBOS DE ACERO SIN COSTURA ASTM A-53 GRADO B / ASTM A-106 / API 5L

Descripción:

Producto que se obtiene por Laminación en Caliente de un Tocho de Acero Estructural.

Usos:

ASTM A-53 Tubos para conducción de fluidos y gases en la minería, petroquímica, pesca y servicios en general.

ASTM A-106 Tubos para servicio a altas temperaturas.

API 5L Tubos para la industria petrolera.

PROPIEDADES MECANICAS

NORMA TECNICA	F	R	A	NORMA EQUIVALENTE
	Kg/mm ²	Kg/mm ²	%	
ASTM A-53 GR-A	21 min	34 min	23 min	JIS G-3454
ASTM A-53 GR-B	25 min	42 min	18 min	JIS G-3454
ASTM A-106 GR-B	25 min	42 min	18 min	JIS G-3456
API 5L B	25 min	42 min	19 min	JIS G-3454

DIMENSIONES Y PESOS UNITARIOS *

DIAMETRO	DIAMETRO EXTERIOR		SCHEDULE	ESPESOR DE PARED	PESO NOMINAL	PRESION DE PRUEBA	
pulg	pulg	mm	N°	mm	kg/m	lb/pulg.2	Kg/cm2
3/8	0.675	17.1	40	2.31	0.84	700	49.2
			80	3.20	1.10	850	60.0
1/2	0.84	21.3	40	2.77	1.27	700	49.2
			80	3.73	1.62	850	60.0
3/4	1.05	26.7	40	2.87	1.69	700	49.2
			80	3.91	2.20	850	60.0
1.0	1.315	33.4	40	3.38	2.50	700	49.2
			80	4.55	3.24	850	60.0
1.3	1.66	42.2	40	3.56	3.39	1300	91.0
			80	4.85	4.47	1900	133.0
1.5	1.9	48.3	40	3.68	4.05	1300	91.0
			80	5.08	5.41	1900	133.0
2.0	2.375	60.3	40	3.91	5.44	2500	175.0
			80	5.54	7.48	2500	175.0
2.5	2.875	73	40	5.16	8.63	2500	175.0
			80	7.01	11.41	2500	175.0
3.0	3.5	88.9	40	5.49	11.29	2500	175.0
			80	7.62	15.27	2500	175.0


aceros comerciales
El mundo del acero a tu alcance!

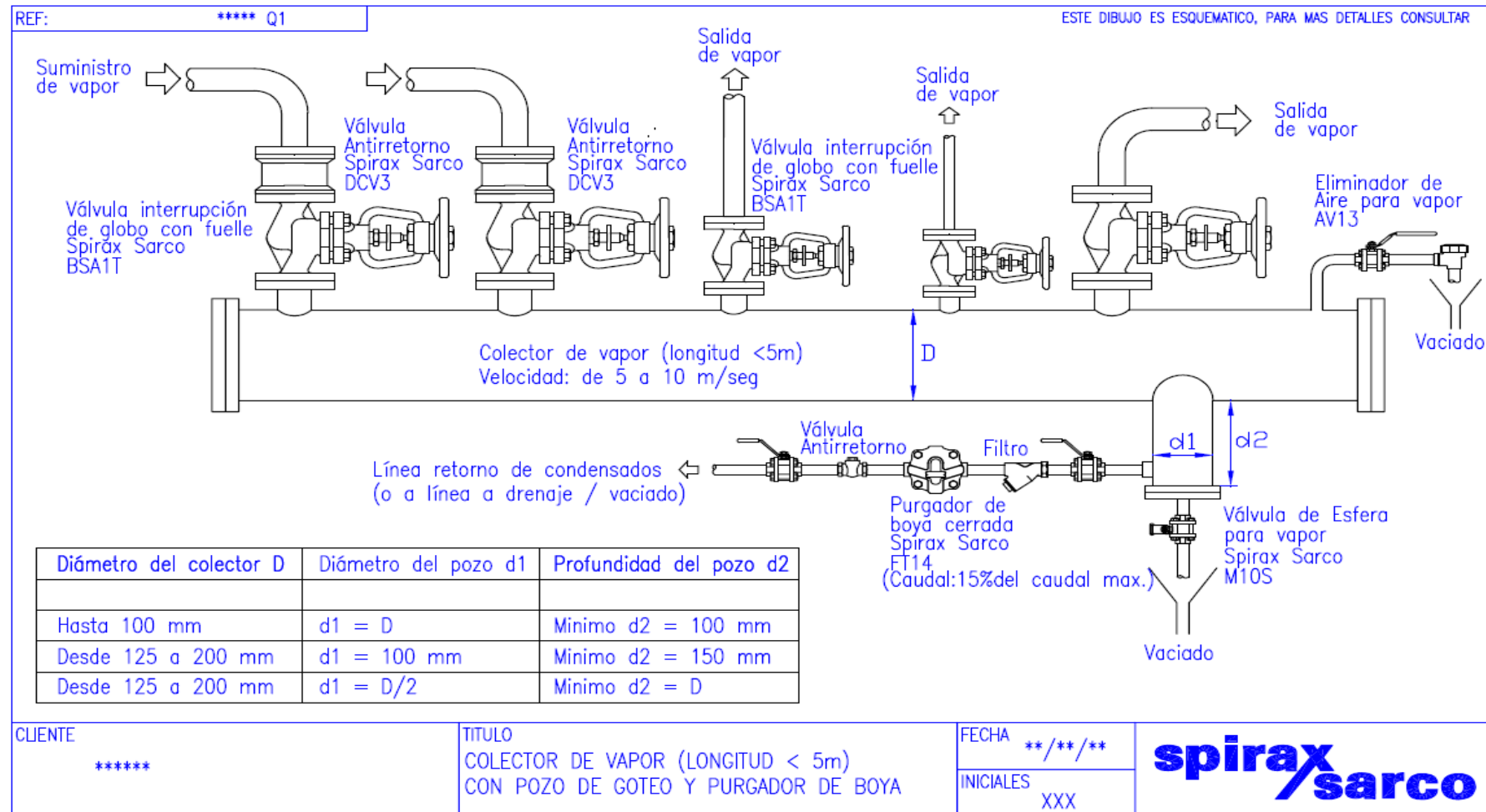
DIAMETRO	DIAMETRO EXTERIOR		SCHEDULE	ESPESOR DE PARED	PESO NOMINAL	PRESION DE PRUEBA	
	pulg	mm				lb/pulg.2	Kg/cm2
3.5	4	101.6	40	5.74	13.57	2370	166.0
			80	8.08	18.63	2800	196.0
4.0	4.5	114.3	40	6.02	16.07	2210	155.0
			80	8.56	22.32	2800	196.0
5.0	5.563	141.3	40	6.55	21.77	1950	137.0
			80	9.53	30.94	2800	196.0
6.0	6.625	168.3	40	7.11	28.26	1780	125.0
			80	10.97	42.56	2740	192.0
8.0	8.625	219.1	40	8.18	42.55	1570	110.0
			80	12.70	64.64	2430	170.0
10.0	10.75	273	40	9.27	60.29	1430	100.0
			80	15.09	95.97	2320	162.0
			STD.	9.27	60.31	1430	100.0
12.0	12.75	323.8	40	10.31	79.70	1340	94.0
			80	17.48	132.04	2270	159.0
			STD.	9.53	73.88	1240	87.0
14.0	14	355.6	40	11.13	94.55	1310	92.0
			80	19.05	158.10	2250	158.0
			STD.	9.53	81.33	1120	79.0
16.0	16	406.4	40	12.70	123.30	1310	92.0
			80	21.44	203.53	2220	156.0
			STD.	9.53	93.27	980	69.0
18.0	18	457	40	14.27	155.80	1210	92.0
			80	23.83	254.55	2190	154.0
			STD.	9.53	105.16	880	62.0
20.0	20	508	40	15.09	183.42	1250	88.0
			80	26.19	311.17	2170	152.0
			STD.	9.53	117.15	790	55.0

Nota:

Esta Norma y/o Tabla corresponden a los Tubos ASTM A-53 Grados A y B con costura

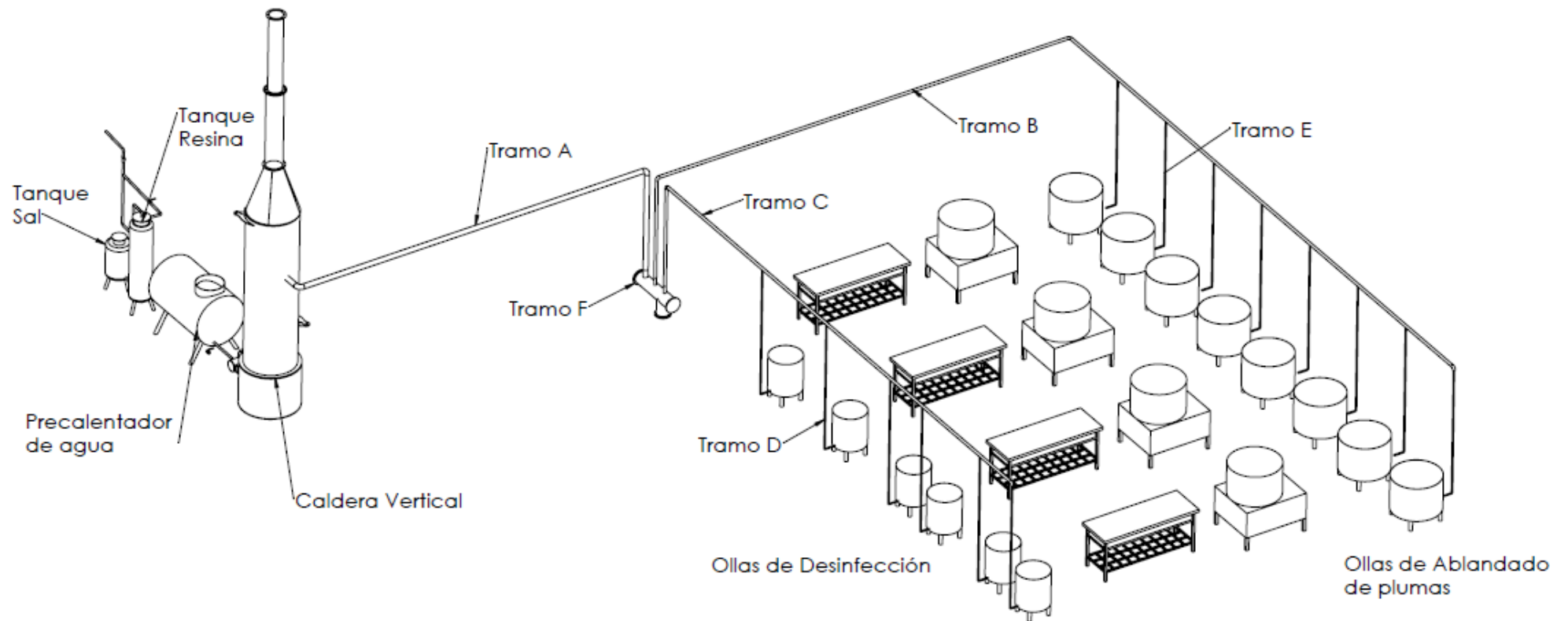
Longitud : Entre 5 a 7 mts.
Extremos planos y/o biselados.

Anexo A-1.3, colector – distribución de vapor (www.spiraxsarco.com).



SPIRAX-SARCO S.A, SANT JOSEP, 130, 08980 SAN FELIU DE LLOB. BARCELONA TEL: 93 685 79 29 FAX: 93 685 70 11

Anexo A-3.1, Diagrama de flujo del sistema propuesto con vapor saturado



Anexo A-3.2, caracterícelas técnicas del acero inoxidable (www.irstal.com)
**TABLA DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
DEL ACERO INOXIDABLE**

		SERIE 300 -					
		Acero al Cromo Níquel					
DESIGNACIÓN	TIPO ASTM (AISI)	301	302	303	304	304 L	321
	COMPOSICIÓN QUÍMICA	C% 0,15 Máx. Mn% 2,00 Máx. Si% 1,00 Máx. Cr% 16,00-18,00 Ni% 6,00-8,00	C% 0,15 Máx. Mn% 2,00 Máx. Si% 1,00 Máx. Cr% 17,00-19,00 Ni% 8,00-10,00	C% 0,15 Máx. Mn% 2,00 Máx. Si% 1,00 Máx. Cr% 17,00-19,00 Ni% 8,00-10,00 S% 0,15 Máx.	C% 0,08 Máx. Mn% 2,00 Máx. Si% 1,00 Máx. Cr% 18,00-20,00 Ni% 8,00-10,50	C% 0,030 Máx. Mn% 2,00 Máx. Si% 1,00 Máx. Cr% 18,00-20,00 Ni% 8,00-12,00	C% 0,08 Máx. Mn% 2,00 Máx. Si% 1,00 Máx. Cr% 17,00-19,00 Ni% 9,00-12,00 Ti% >5xC% 0,07
PROPIEDADES FÍSICAS	PESO ESPECÍFICO (g/cm ³)	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9
	MÓDULO DE ELASTICIDAD (N/mm ²)	193.000	193.000	193.000	193.000	193.000	193.000
	ESTRUCTURA	AUSTENÍTICO	AUSTENÍTICO	AUSTENÍTICO	AUSTENÍTICO	AUSTENÍTICO	AUSTENÍTICO
	CALOR ESPECÍFICO A 20°C (J/Kg K)	500	500	500	500	500	500
	CONDUCTIBILIDAD TÉRMICA (W/m K) a 100 C a 150 C	16 21	16 21	16 21	16 21	16 21	16 21,5
	COEFICIENTE DE DILATACIÓN TÉRMICO MEDIO (x 10⁻⁶ C⁻¹) 0100 C 0300 C 0500 C 0700 C	16,92 17,10 18,18 18,72	17,28 17,82 18,36 18,72	17,3 17,8 18,4 18,7	17,30 17,80 18,40 18,80	17,30 17,80 18,40 18,80	16,74 17,10 18,54 19,26
	INTERVALO DE FUSIÓN (°C)	1398-1420	1398-1420	1398-1420	1398-1454	1398-1454	1398-1427
PROPIEDADES ELÉCTRICAS	PERMEABILIDAD TÉRMICA EN ESTADO SOLUBLE RECOCIDO	AMAGNÉTICO 1,02	AMAGNÉTICO 1,008	AMAGNÉTICO 1,008	AMAGNÉTICO 1,008	AMAGNÉTICO 1,008	AMAGNÉTICO 1,008
	CAPACIDAD DE RESISTENCIA ELÉCTRICA A 20°C (μΩm)	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
PROPIEDADES MECÁNICAS A 20°C	DUREZA BRINELL RECOCIDO HB CON DEFORMACIÓN EN FRÍO HB	135185 210330	135185 180330	130180 180330	130150 180330	125145 -	130185 -
	DUREZA ROCKWELL RECOCIDO HRC CON DEFORMACIÓN EN FRÍO HRC	7592 2541 1/4 DURO-DURO	7090 1035	7090 -	7088 1035	7085 -	7088 -
	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN CON DEFORMACIÓN EN FRÍO Rm(N/mm²) RECOCIDO	590750 8701200 1/4 DURO-DURO	560720 6801180	530700 -	500700 7001180	500680 -	520700 -
	ELASTICIDAD CON DEFORMACIÓN EN FRÍO Rp (0,2)(N/mm²) RECOCIDO	215340 500900 1/4 DURO-DURO	205340 340900	205340 350900	195340 340900	175300 -	205340 -
	RECOCIDO Rp(1) (N/mm²) MÍNIMO	225	245	255	235	215	245
	ALARGAMIENTO 50mm. A(%)	6555 258 1/4 DURO-DURO	6050 5010	6050 -	6550 5010	6550 -	6040 -
	ESTRICCIÓN RECOCIDO Z (%)	7060	7555	Min. 50	7560	7560	6550
	RESILIENCIA KCVL (J/cm ²) KVL (J/cm ²)	130 140	160 180	Min. 100 -	160 180	160 180	120 130
PROPIEDADES MECÁNICAS EN CALIENTE	ELASTICIDAD DIFERENTES TEMPERATURAS Rp(0,2) (N/mm ²) a 300 C a 400 C a 500 C Rp(1) (N/mm ²) a 300 C a 400 C a 500 C	- - - - - - -	- - - - - - -	- - - - - - -	125 97 93 147 127 107	115 98 88 137 117 108	150 135 120 186 161 152
	LÍMITE DE FLUENCIA a 500 C a 600 C a 700 C σ1 / 100.000/ t (N/mm ²) a 800 C	- - - -	- - - -	- - - -	68 42 14,5 4,9	58,5 36 10,5 3,9	102 64 16,5 5,8
	TRATAMIENTOS TÉRMICOS	RECOCIDO COMPLETO RECOCIDO INDUSTRIAL (°C) (I)	ENFR. RÁPIDO 10081120	ENFR. RÁPIDO 10081120	ENFR. RÁPIDO 10081120	ENFR. RÁPIDO 10081120	ENFR. RÁPIDO 9531120
OTRAS PROPIEDADES	TEMPLE	NO COGE TEMPLE	NO COGE TEMPLE	NO COGE TEMPLE	NO COGE TEMPLE	NO COGE TEMPLE	NO COGE TEMPLE
	INTERVALO DE FORJA TEMPER. INICIAL TEMPER. FINAL	1200 925	1200 925	1200 925	1200 925	1200 925	1175 925
	TEMPERATURA FORMACIÓN CASCARILLA SERVICIO CONTINUO SERVICIO INTERMITENTE	900 810	900 810	- 815	925 840	925 840	900 810
OTRAS PROPIEDADES	SOLDABILIDAD	MUY BUENA	MUY BUENA	NO ACONSEJABLE	MUY BUENA	MUY BUENA	BUENA
	MAQUINABILIDAD COMPARADO CON UN ACERO BESSEMER PARA a. B1112	45%	45%	55%	45%	45%	36%
	EMBTUCIÓN	BUENA	BUENA	REGULAR	MUY BUENA	MUY BUENA	BUENA

DISEÑO DE UN SISTEMA DE VAPOR PARA CALENTAMIENTO DE AGUA DEL PROCESO DE PELADO DE 1500 POLLOS/ DÍA PARA REDUCIR COSTOS DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN LA EMPRESA INVERSIONES ARKAFI CORONADO E.I.R.L.

Anexo A-3.3, especificaciones acero inoxidable (www.iristal.com)


C y M San Pascual S.A.
Construcción y Montaje

Acero Ficha Técnica

Características

Especificaciones Acero Inoxidable 304	
Descripción	Recubrimiento para el aislante térmico.
Composición Química	Cr: 17,5% - 19,0% ; Ni: 8,0% - 10,0% ; Mn: ≤2,0% ; C: ≤0,7% ; Si: ≤0,75%
Densidad	8.000 [kg/m ³]
Resistencia a la Tracción	510 [MPa]
Límite de Fluencia	206 [MPa]
Emisividad	Acero Nuevo: 0,7 Acero Envejecido: 0,3
Rollos Lisos	Espesores: 0,4 y 0,5 mm
Planchas Lisas	Ancho: 1.000 mm liso y 840 mm en planchas onduladas.
Planchas Onduladas (Onda 2")	Acero inoxidable con y sin Barrera de Polykraft.
Usos y Aplicaciones	Piezas Prefabricadas: Cubiertas metálicas, cilindradas y rodonadas, para cubrir cañerías aisladas.
	Piezas en segmentos mitrados en forma de: codos, tees, caps, reducciones concéntricas y excéntricas, cubiertas para válvulas de mariposa, globo y compuerta.

Anexo A-3.4, Agua saturada. Tabla de temperaturas (Cengel, y otros, 2012)

Agua saturada. Tabla de temperaturas

Temp., T °C	Pres. sat., P_{sat} kPa	Volumen específico, m^3/kg		Energía interna, kJ/kg			Entalpía, kJ/kg			Entropía, $kJ/kg \cdot K$		
		Líqu. sat., v_f	Vapor sat., v_g	Líqu. sat., u_f	Evap., u_{fg}	Vapor sat., u_g	Líqu. sat., h_f	Evap., h_{fg}	Vapor sat., h_g	Líqu. sat., s_f	Evap., s_{fg}	Vapor sat., s_g
0.01	0.6117	0.001000	206.00	0.000	2374.9	2374.9	0.001	2500.9	2500.9	0.0000	9.1556	9.1556
5	0.8725	0.001000	147.03	21.019	2360.8	2381.8	21.020	2489.1	2510.1	0.0763	8.9487	9.0249
10	1.2281	0.001000	106.32	42.020	2346.6	2388.7	42.022	2477.2	2519.2	0.1511	8.7488	8.8999
15	1.7057	0.001001	77.885	62.980	2332.5	2395.5	62.982	2465.4	2528.3	0.2245	8.5559	8.7803
20	2.3392	0.001002	57.762	83.913	2318.4	2402.3	83.915	2453.5	2537.4	0.2965	8.3696	8.6661
25	3.1698	0.001003	43.340	104.83	2304.3	2409.1	104.83	2441.7	2546.5	0.3672	8.1895	8.5567
30	4.2469	0.001004	32.879	125.73	2290.2	2415.9	125.74	2429.8	2555.6	0.4368	8.0152	8.4520
35	5.6291	0.001006	25.205	146.63	2276.0	2422.7	146.64	2417.9	2564.6	0.5051	7.8466	8.3517
40	7.3851	0.001008	19.515	167.53	2261.9	2429.4	167.53	2406.0	2573.5	0.5724	7.6832	8.2556
45	9.5953	0.001010	15.251	188.43	2247.7	2436.1	188.44	2394.0	2582.4	0.6386	7.5247	8.1633
50	12.352	0.001012	12.026	209.33	2233.4	2442.7	209.34	2382.0	2591.3	0.7038	7.3710	8.0748
55	15.763	0.001015	9.5639	230.24	2219.1	2449.3	230.26	2369.8	2600.1	0.7680	7.2218	7.9898
60	19.947	0.001017	7.6670	251.16	2204.7	2455.9	251.18	2357.7	2608.8	0.8313	7.0769	7.9082
65	25.043	0.001020	6.1935	272.09	2190.3	2462.4	272.12	2345.4	2617.5	0.8937	6.9360	7.8296
70	31.202	0.001023	5.0396	293.04	2175.8	2468.9	293.07	2333.0	2626.1	0.9551	6.7989	7.7540
75	38.597	0.001026	4.1291	313.99	2161.3	2475.3	314.03	2320.6	2634.6	1.0158	6.6655	7.6812
80	47.416	0.001029	3.4053	334.97	2146.6	2481.6	335.02	2308.0	2643.0	1.0756	6.5355	7.6111
85	57.868	0.001032	2.8261	355.96	2131.9	2487.8	356.02	2295.3	2651.4	1.1346	6.4089	7.5435
90	70.183	0.001036	2.3593	376.97	2117.0	2494.0	377.04	2282.5	2659.6	1.1929	6.2853	7.4782
95	84.609	0.001040	1.9808	398.00	2102.0	2500.1	398.09	2269.6	2667.6	1.2504	6.1647	7.4151
100	101.42	0.001043	1.6720	419.06	2087.0	2506.0	419.17	2256.4	2675.6	1.3072	6.0470	7.3542
105	120.90	0.001047	1.4186	440.15	2071.8	2511.9	440.28	2243.1	2683.4	1.3634	5.9319	7.2952
110	143.38	0.001052	1.2094	461.27	2056.4	2517.7	461.42	2229.7	2691.1	1.4188	5.8193	7.2382
115	169.18	0.001056	1.0360	482.42	2040.9	2523.3	482.59	2216.0	2698.6	1.4737	5.7092	7.1829
120	198.67	0.001060	0.89133	503.60	2025.3	2528.9	503.81	2202.1	2706.0	1.5279	5.6013	7.1292
125	232.23	0.001065	0.77012	524.83	2009.5	2534.3	525.07	2188.1	2713.1	1.5816	5.4956	7.0771
130	270.28	0.001070	0.66808	546.10	1993.4	2539.5	546.38	2173.7	2720.1	1.6346	5.3919	7.0265
135	313.22	0.001075	0.58179	567.41	1977.3	2544.7	567.75	2159.1	2726.9	1.6872	5.2901	6.9773
140	361.53	0.001080	0.50850	588.77	1960.9	2549.6	589.16	2144.3	2733.5	1.7392	5.1901	6.9294
145	415.68	0.001085	0.44600	610.19	1944.2	2554.4	610.64	2129.2	2739.8	1.7908	5.0919	6.8827
150	476.16	0.001091	0.39248	631.66	1927.4	2559.1	632.18	2113.8	2745.9	1.8418	4.9953	6.8371
155	543.49	0.001096	0.34648	653.19	1910.3	2563.5	653.79	2098.0	2751.8	1.8924	4.9002	6.7927
160	618.23	0.001102	0.30680	674.79	1893.0	2567.8	675.47	2082.0	2757.5	1.9426	4.8066	6.7492
165	700.93	0.001108	0.27244	696.46	1875.4	2571.9	697.24	2065.6	2762.8	1.9923	4.7143	6.7067
170	792.18	0.001114	0.24260	718.20	1857.5	2575.7	719.08	2048.8	2767.9	2.0417	4.6233	6.6650
175	892.60	0.001121	0.21659	740.02	1839.4	2579.4	741.02	2031.7	2772.7	2.0906	4.5335	6.6242
180	1002.8	0.001127	0.19384	761.92	1820.9	2582.8	763.05	2014.2	2777.2	2.1392	4.4448	6.5841
185	1123.5	0.001134	0.17390	783.91	1802.1	2586.0	785.19	1996.2	2781.4	2.1875	4.3572	6.5447
190	1255.2	0.001141	0.15636	806.00	1783.0	2589.0	807.43	1977.9	2785.3	2.2355	4.2705	6.5059
195	1398.8	0.001149	0.14089	828.18	1763.6	2591.7	829.78	1959.0	2788.8	2.2831	4.1847	6.4678
200	1554.9	0.001157	0.12721	850.46	1743.7	2594.2	852.26	1939.8	2792.0	2.3305	4.0997	6.4302

Anexo A-3.5, agua satura, tabla de presión (www.spiraxsarco.com).
(http://www2.spiraxsarco.com/esc/SS_Properties.aspx?country_id=ar&lang_id=arg)

Entradas	Presión
Salida	<input checked="" type="radio"/> valor individual <input type="radio"/> tabla
Presión	4 bar absoluto
<input type="button" value="Calcular"/> <input type="button" value="Reset"/> <input type="button" value="Imprimir"/>	

Temperatura de Saturación	143.643	°C
Entalpía Específica del Agua (h_f)	604.939	kJ/kg
Entalpía Específica de Evaporación (h_{fg})	2133.61	kJ/kg
Entalpía Específica del Vapor (h_g) (h_g)	2738.55	kJ/kg
Densidad del Vapor	2.16237	kg/m³
Volumen Específico del Vapor (v_g)	0.462456	m³/kg
Entropía Específica del Agua (s_f)	1.77706	kJ/kg K
Entropía Específica de Evaporación (s_{fg})	5.11911	kJ/kg K
Entropía Específica del Vapor (s_g)	6.89617	kJ/kg K
Calor Específico del Vapor (c_v)	1.65072	kJ/kg K
Calor Específico del Vapor (c_p)	2.25591	kJ/kg K
Velocidad del sonido	492.279	m/s
Viscosidad Dinámica del Vapor	0.0137715	cP
Coeficiente Isentrópico (k) (k)	1.30863	
Factor de Compresibilidad del Vapor	0.961652	

Anexo A-3.6, Cotización Caldero. Factoría JC Industriales E.I.R.L.



FACTORIA
JC
INDUSTRIALES EIRL

RUC N° 20601381444

Fabricación, Reparación, Mantenimiento de Maquinaria
para la Industria en General, Alquiler de Maquinaria
Pesada y Servicios Afines

Trujillo, 02 Agosto del 2016

COTIZACION N° 015-2016



Sres.: INVERSIONES ARKAFA CORONADO EIRL
Atención: Sr. Idelfondo Coronado
Tengo a bien dirigirme a Uds. para presentarle la siguiente cotización:

- **SISTEMA DE ABLANDADO DE AGUA Y REGENERACIÓN**
Entre el ablandador de agua y el tanque de regeneración lleva un sistema de tuberías y válvulas de 1" para el uso adecuado de la regeneración de resina.



➤ **01 TANQUE ABLANDADOR DE AGUA**
Construido en plancha 1/4" de espeso en acero al carbono ASTM A36
Dimensiones: 380mm de diámetro x 1800mm de alto total
Lleva 2 pies³ de resina.
Parte superior del tanque lleva una brida con tapa en plancha de 3/8" para el ingreso de grava y resina.
En la parte lateral inferior lleva una brida con tapa en plancha de 3/8" para la descarga de grava y resina.
Lleva niples de 1" para la entrada y salida del agua.
04 soportes en la parte inferior del tanque de 300mm de alto.
Pintado con base epóxica.



Precio: S/. 5,500.00 + IGV



FACTORIA JC INDUSTRIALES E.I.R.L.
Eddie Lora Silva Berútes
GERENTE GENERAL

Panamericana Norte Km 562 PQ. Industrial Sur - Moche
Trujillo - La Libertad RPM: #994563751 / #94524872
factoriajc.industriales@hotmail.com





RUC N° 20601381444

Fabricación, Reparación, Mantenimiento de Maquinaria
para la Industria en General, Alquiler de Maquinaria
Pesada y Servicios Afines



➤ **01 TANQUE PARA REGENERACION DE RESINA (TANQUE DE SAL)**

Construido en plancha 1/4" de espeso en acero al carbono ASTM A36

Dimensiones: 380mm de diámetro x 1000mm de alto total

Parte superior del tanque lleva una brida con tapa en plancha de 3/8" para el ingreso de sal.

Lleva niples de 1" para la entrada y salida del agua.

04 soportes en la parte inferior del tanque de 300mm de alto.

Pintado con base epóxica.

Precio: S/. 3,500.00 + IGV



• **01 PRECALENTADOR DE AGUA**

Temperatura de operación del agua: 65°C

Construido en plancha 1/4" de espeso en acero al carbono ASTM A36

Dimensiones: 95mm de diámetro x 1500mm de largo x 1600mm de alto total

Parte superior del tanque lleva una brida con tapa en plancha de 3/16" para el ingreso de mantenimiento.

Lleva boya de control del nivel de agua.

Lleva un visor para nivel de agua.

Lleva un termómetro de temperatura.

Lleva niples de 1" para la entrada y salida del agua.

04 soportes en la parte inferior del tanque de 700mm de alto.

Pintado con base epóxica.



Precio: S/. 4,300.00 + IGV

Factoria JC Industriales E.I.R.L.
Edite Lora Silva Benites
GERENTE GENERAL

Panamericana Norte Km 562 PQ. Industrial Sur - Moche
Trujillo - La Libertad RPM: #994563751 / #94524872
factoriajc.industriales@hotmail.com





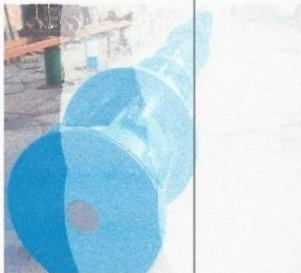
RUC N° 20601381444

Fabricación, Reparación, Mantenimiento de Maquinaria
para la Industria en General, Alquiler de Maquinaria
Pesada y Servicios Afines



• **01 CALDERO VERTICAL DE 40 HP**

Equipo tipo pirotubular vertical de tres pasos.
Estructura caldero construido en plancha de 1/2", 3/8" y 1/8" en acero al carbono ASTM A36.
Dimensiones: 1070mm de diámetro x 3900mm alto sin chimenea.
Lleva un tubo interior de 30" para el agua y un tubo exterior de 36" para gases sobrecalentado.
Lleva tubo de 2 1/2" SCH 80 para la transferencia de calor hacia el agua.
En la parte superior del sobrecasco lleva un interfaz para generar el doble paso de gas sobrecalentado que genera menos consumo de combustible.
Lleva 06 registros para limpieza.
Lleva una macdonal vertical con porta electrodos y visor para control del nivel de agua.
Lleva una bomba de agua de 1 HP
Lleva un turbo soplador de 1 HP para generar la dirección fluido del gas sobrecalentado.
En la parte inferior del caldero lleva una sobre base de 800mm de alto x 1070mm de diámetro para captar la ceniza del carbón.
Lleva manómetro de presión de 8 bar.
Lleva una válvula de seguridad de 1" de diámetro.
En la parte superior del sobrecasco lleva una puerta de 600mm de alto x 500mm de ancho para limpieza de cenizas.
Nipleria y accesorio de 1" de diámetro.
En la parte superior del caldero lleva un cono y ductos de 12" de diámetro que forman la chimenea.
En la parte frontal lleva una puerta de 450mm ancho x 320mm de alto para llenado de carbón.
En la puerta lleva cemento refractario para evitar la pérdida de calor.
Enchquetado con lana de vidrio de 3" de espesor para evitar pérdidas de calor y quemaduras del personal operario.



Precio:

s/ 30,000.00 + IGV

Factoria JC Industriales E.I.R.L.
Eddie Larry Silva Benites
GERENTE GENERAL

Panamericana Norte Km 562 PQ. Industrial Sur - Moche
Trujillo - La Libertad RPM: #994563751 / #94524872
factoriajc.industriales@hotmail.com





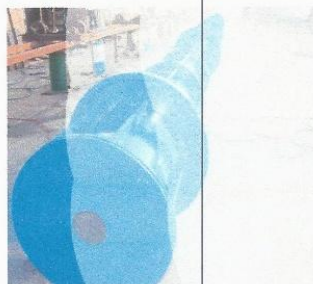
RUC N° 20601381444

Fabricación, Reparación, Mantenimiento de Maquinaria
para la Industria en General, Alquiler de Maquinaria
Pesada y Servicios Afines



Características principales de la caldera:

Características	Unidad	Valor Caldera
Capacidad	Kg/h	626
	BHP	40
Presión de trabajo	Bar	4
Presión de diseño	Bar	6
Eficiencia Térmica	%	76
Suministro Eléctrico	V	380
Combustible	Kg	Carbón de piedra
Superficie de Calefacción nominal	m ²	19.64
Espesor de aislamiento	Pulg.	3
Suministro de agua	°C	65
Sistema de control vapor	Und	Presostato
Sistema de control agua	Und	Warring



Forma de Pago: 60% a la orden de compra
20% avance de obra
20% contra entrega

Tiempo de entrega: 50 días laborables



Agradeciendo por anticipado su atención a la presente me despido.

Atentamente;



FACTORIA JC INDUSTRIALES E.I.R.L.

Eddie Larry Soto Benites
GERENTE GENERAL











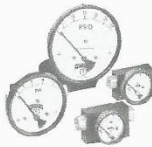

Panamericana Norte Km 562 PQ. Industrial Sur - Moche
Trujillo - La Libertad RPM: #994563751 / #94524872
factoriajc.industriales@hotmail.com



Anexo A-3.7, conductividad térmica del aislante. Productos y materiales – propiedades del aislamiento térmico para rehabilitación energética.

	Denominación		Origen	Conductividad (λ) W/(m.K)	Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua (μ)	Inflamable ¹	Precio aproximado €/m ²	Formato	Medidas de protección en su instalación	Coste energético de producción MJ/kg ²	Contenido de producto reciclado (0-3) ³	Biodegradable ⁴
	Lanas minerales (MW)	Lana de roca (SW)	Mineral	0,03 - 0,05	1	NO	<5	Panel, rollo y a granel	Ojos, sistema respiratorio y piel	15 - 25	1	No
		Lana de vidrio (GW)	Mineral	0,03 - 0,05	1 - 1,3	NO	<5	Panel, rollo y a granel	Ojos, sistema respiratorio y piel	15 - 50	2	No
	Poliestireno expandido (EPS)		Sintético	0,029 - 0,053	20 - 40	SI	<5	Panel y a granel	No	75 - 125	1	No
	Poliestireno extruido (XPS)		Sintético	0,025 - 0,04	100 - 220	SI	<15	Panel	Guantes	75 - 125	1	No
	Poliuretano o Polisocianurato (PUR)		Sintético	0,019 - 0,040	60 - 150	SI	<10	Panel y espuma	Ojos, sistema respiratorio y piel	70 - 125	1	No
	Perlita Expandida (EPB)		Mineral	0,040 - 0,060	3 - 8	NO	<5	Panel, rollo, espuma y a granel	Protección frente al polvo	5 - 20	0	No
	Vidrio celular (CG)		Mineral	0,035 - 0,055	Infinita	NO	<60	Panel y espuma	No	10 - 75	3	Si
	Lana de oveja (SHW)		Animal	0,035 - 0,050	1 - 2	SI	<25	Rollo y a granel	No	10 - 40	0	Si

Anexo A-3.8, manómetros de presión. Catálogos Winters (www.winters.com).

Manómetros				
5 Años de Garantía para todos los Manómetros, Termómetros y Indicadores Duales				
				
	DPG Digital	P1S Serie 100	P3S Serie 300	P9S Serie 90
Carátula	2.5" (63mm)	3.5" (90mm) 4" (100mm) 4.5" (115mm) 6" (150mm)	4.5" (115mm) 6" (150mm) 8.5" (215mm) 10" (250mm)	1.5" (40mm) 2" (50mm) 2.5" (63mm) 3.5" (90mm)
Bourdon & Conector	316 SS	Bronce al Fósforo/Latón	316 L SS/Latón	Bronce al Fósforo/Latón
Conexion	¼" NPT	¼" NPT	¼" NPT hasta 600 psi ½" NPT superior a 1,000 psi	1.5" carátula: ¼" NPT 2" carátula: ¼", ½" NPT 2.5", 3.5" carátula: ½" NPT
Rango	Vac-0-15,000 psi	Vac-0-5,000 psi/bar, psi/kg/cm²	Vac-0-20,000 psi/bar, psi/kg/cm²	Vac-0-600 psi/bar, psi/kg/cm²
				
	PDT/PDX Duplex/Diferencial	PEM/PEM-LF/PEU Económico	PET/PET-LF Prueba de Agua o Gas	PFE Sistemas de Contra Incendio
Carátula	4.5" (115mm) 6" (150mm)	1.5" (40mm) 2" (50mm) 2.5" (63mm) 4" (100mm)	Prueba de Gas: 2" (50mm) Prueba de Agua: 2.5" (63mm)	3.5" (90mm)
Bourdon & Conector	AISI 316 L/Bronce al Fósforo/Latón	Bronce al Fósforo/Latón o Latón al Fósforo sin Plomo/Latón	Bronce al Fósforo/Latón o Latón al Fósforo sin Plomo/Latón	Bronce al Fósforo/Latón
Conexion	¼" NPT	1.5" carátula: ¼" NPT 2" carátula: ¼", ½" NPT 2.5", 4" carátula: ½" NPT	Prueba de Gas: ¼" FNPT Prueba de Agua: Manguera Hembra de ¼"	¼" NPT
Rango	0-600 psi/bar, psi/kg/cm²	Vac-0-5,000 psi/bar, psi/kg/cm²	0-300 psi/bar, psi/kg/cm²	0-300 psi/kg/cm² o 0/80/retard-250 psi/kg/cm²
				
	PN2/PN2-ZR NACE - MR0175-2002	PPC/PPC-ZR Proceso	PPD/PRD/PSD/PVD Diferencial	PRL Regulador
Carátula	4" (100mm) 6" (150mm)	4.5" (115mm)	2.5" (63mm) 3.5" (90mm) 4.5" (115mm)	1.5" (40mm) 2" (50mm)
Bourdon & Conector	316 SS	316 L SS/Bronce al Fósforo/Latón	SS y otros	316 SS
Conexion	¼" o ½" NPT	¼" o ½" NPT	¼" or ½" NPT y otros	1.5" carátula: ¼" NPT 2" carátula: ¼", ½" NPT
Rango	Vac-0-20,000 psi/bar, psi/kg/cm²	Vac-0-20,000 psi/bar, psi/kg/cm²	"H ₂ O-110 psid	Vac-0-5,000 psi/bar, psi/kg/cm²

Anexo A-3.9, válvulas de bola de bronce Apollo (www.apollovalvules.com).

CATÁLOGO: TODOS LOS PRODUCTOS

Válvulas de bola de dos piezas y de una sola pieza - Bronce/Latón

CARACTERÍSTICAS:

- Manija de acero o de acero inoxidable con agujero para etiquetar.
- Vástago inextensible/
- Asientos y sellos, anillo de prensaestopas y arandela de sello de RPTFE
- 71-AR, 76-AR, 77-AR, 77C-100, 77C-200, 77CLF-100, 77CLF-200, 77D-14X, 77W, 77WLF y 89-AR vienen con MPTE como estándar.

Nota: El material del asiento determina las presiones prácticas de trabajo. Las presiones indicadas son los valores nominales de los cuerpos.

SERIE 32



Económica válvula de bola, de bronce, de paso estándar. Diseño con vástago inextensible Sello de vástago ajustable 400 psig CWP, presión en frío, sin choque. Vapor saturado a 125 psig. Servicio de vacío 29" Hg. Tamaños: 1/4" a 2". Disponibles con extremos roscados.

400 CWP

SERIE 70/70LF



Válvula de bola, de bronce, roscada, de paso estándar. Este producto Apollo es la válvula de bola en bronce más utilizada y de mayor confianza en la industria. Cuenta con vástago inextensible, Asientos y sellos del vástago de RPTFE y bola cromada. La serie 70LF ofrece bronce EZ-Solder™ y aprobaciones NSF/ANSI 61 y NSF/ANSI 372. Tamaños: 1/4" a 4". 600 CWP

SERIE 70-HC/70LF-HC



Válvula con tapa y cadena, con conexión a manguera de 3/4 pulg., tapa robusta de latón y manija invertida. Ideal para la conexión directa a mangueras. La válvula cuenta con una tapa fijada en forma segura con una cadena que evita las averías a las rosas de las mangueras. Tamaños: 1/2" a 1", NPT y soldadura.

600 CWP

SERIE 71



Válvula de bola, de bronce, con placa de montaje; manija con retorno por resorte, disponible como modelo 71-500 Tamaños: 3/4" a 3".

600 CWP

SERIE 75



Válvula de bola, de bronce, preparada para candado; presión nominal 600 psig CWP; opción: palanca y tuerca de acero inoxidable. Disponible: drenaje automático Tamaños: 1/4" a 2".

600 CWP

SERIE 77



Válvula de paso completo, de bronce, con placa de montaje; diseñada para facilitar el montaje de un actuador. Tamaños: 1/4" a 2-1/2". Disponible con rosas NPT y SAE. Disponible también con conexiones por soldadura, sin placas de montaje.

600 CWP

SERIE 77C/77CLF



Válvula de bola de fundición de bronce, de paso completo, "Serie Contratista", con bola maciza y cromada para obtener mejores características de flujo. Disponible con conexiones por extremo soldado y NPT. La serie 77CLF ofrece bronce EZ-Solder™ y aprobaciones NSF/ANSI 61 y NSF/ANSI 372. Tamaños: 1/4" a 2-1/2".

600 CWP

SERIE 77F/77FLF



Válvulas de bola de latón forjado, de paso completo, para una amplia gama de aplicaciones de plomería y calefacción. Funcionamiento confiable con máxima economía. Disponible con conexiones de extremo tanto NPT como de soldadura. La versión libre de plomo 77FLF está certificada por un tercero bajo ANSI como libre de plomo, y es ideal para la instalación en sistemas de agua potable. Son todas fabricadas en los EE.UU., cumplen con ARRA y tienen la aprobación de los organismos más pertinentes. Tamaños: 1/4" a 4". 600 CWP



Anexo A-3.10, válvulas de compuerta y globo Apollo (www.apollovalvules.com).

CATÁLOGO: TODOS LOS PRODUCTOS

Válvulas de compuerta, de globo y de retención

SERIE 30/30LF



Fabricada en los EE.UU. Las válvulas de compuerta de bronce, Clases 125, 150, 300 y 200 CWP cumplen con MSS SP-80. Bonete de rosca y unión, con vástago con elevación y sin elevación. Hay modelos disponibles para riego y libres de plomo. Tamaños de 1/4" a 3", NPT y soldadura. Nueva opción de Clase 300 y asiento de acero inoxidable. La 30LF cumple también con los requisitos de MSS SP-139.

SERIE 33/33LF



Fabricada en los EE.UU. Las válvulas de globo de bronce, Clases 125, 150, 300 y 200 CWP cumplen con MSS SP-80. Bonete de rosca y unión, opciones de asiento de bronce y de PTFE. Disponibles modelos libres de plomo. Tamaños de 1/4" a 3", NPT y soldadura. Nueva opción: Clase 300, disco y anillo de asiento de acero inoxidable. La 33LF cumple también con los requisitos de MSS SP-139.

SERIE 61Y/61YLF



La válvula de retención de columpio Apollo Modelo 61Y, "Hecha en los EE.UU.", es una alternativa de bajo costo a las válvulas de retención fabricadas en otros países. Estas válvulas se funden, mecanizan, arman y prueban en Carolina del Sur. Modelos con asientos de bronce y de PTFE. Modelos clase 125, 150, 300 y 200 CWP Opción libre de plomo. Tamaños de 1/4" a 3", NPT y soldadura. La 61YLF cumple también con los requisitos de MSS SP-139.

SERIE 610 Y 611



Las válvulas de compuerta Modelos 610F y 611F de fundición de hierro, bridadas, de Apollo International™, de Clase 125, prestan funciones de paso directo. La válvula de compuerta Apollo se puede instalar con confianza en la mayoría de los sistemas de plomería y calefacción (o en tuberías de servicio de edificios). MSS SP-70, tamaños 2" a 24".

SERIE 620 Y 621



Las válvulas de compuerta Modelos 620F y 621F de fundición de hierro, bridadas, de Clase 250, de Apollo International™, prestan funciones de paso directo. La válvula de compuerta Apollo se puede instalar con confianza en la mayoría de los sistemas de plomería y calefacción (o en tuberías de servicio de edificios). MSS SP-70, tamaños 2" a 12".

SERIE 711 Y 721



Las válvulas de globo Modelos 711F y 721F de fundición de hierro, bridadas, de Clases 125 y 250, de Apollo International™, prestan funciones eficientes de estrangulación. La válvula de globo Apollo se puede instalar con confianza en la mayoría de los sistemas de plomería y calefacción (o en tuberías de servicio de edificios). MSS SP-85 Tamaños 2" a 10".

SERIE 910 Y 920



Las válvulas de retención de columpio Modelos 910F y 920F de fundición de hierro, bridadas, de Apollo International™, prestan funciones de paso directo. Proveen una protección confiable y de bajo costo contra el contraflujo. La válvula de retención de columpio Apollo se puede instalar con confianza en la mayoría de los sistemas de plomería y calefacción (o en tuberías de servicio de edificios). MSS SP-71, tamaños 2" a 20".

SERIE 910W



Las válvulas de retención de doble plato Modelo 910WB y 910WE de fundición de hierro, de Apollo International™, prestan funciones de paso directo. Proveen una protección confiable y de bajo costo contra el contraflujo. Estas válvula de retención de doble plato Apollo se pueden instalar con confianza en la mayoría de los sistemas de plomería y calefacción (o en tuberías de servicio de edificios). Tamaños 2" a 24".

SERIE 61-700 – MODELO CV



Idealmente adaptada para todas las aplicaciones de OEM en las cuales escasea el espacio. Excelente para aplicaciones de agua y aire. Sus características de hermeticidad se las da el asiento blando con un resorte de acero inoxidable precomprimido muy livianamente.

SERIE 61/61LF, 62 – MODELOS CVS, CVB



Válvulas de retención de cono y bola, de bronce (hasta 3") y de acero inoxidable 316 (hasta 2"). La válvula de retención de cono y bola, de PTFE reforzado, brinda excelente resistencia a los ataques químicos y a la corrosión y no exige alineación radial alguna. La conexión estándar para bronce es FNPT (hasta 3"), macho a hembra (hasta 2"). Para acero inoxidable: solo FNPT.